

VICTOR DE OLIVEIRA VICTOR GONÇALVES

Configuração de rede de comunicação entre registrador de temperatura Yokogawa e computador e desenvolvimento de planilha automatizada utilizando *Visual Basic for Applications* (VBA), com *timer* programável para aquisição de dados

Victor de Oliveira Victor Gonçalves

Configuração de rede de comunicação entre registrador de temperatura Yokogawa e computador e desenvolvimento de planilha automatizada utilizando *Visual Basic for Applications* (VBA), com *timer* programável para aquisição de dados

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena

Guaratinguetá - SP
2018

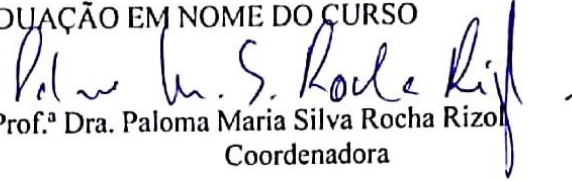
G635c	Gonçalves, Victor de Oliveira Victor Configuração de rede de comunicação entre registrador de temperatura yokogawa e computador e desenvolvimento de planilha automatizada utilizando visual basic for applications (VBA), com timer programável para aquisição de dados / Victor de Oliveira Victor Gonçalves. – Guaratinguetá, 2018. 62 f : il. Bibliografia: f. 62 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018. Orientador: Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena 1. Controle de temperatura 2. Visual Basic (Programa de computador). 3. Termômetro e termometria 4. Temporizadores automáticos. I. Título. CDU 536.5
-------	---

Pâmella Benevides Gonçalves
Bibliotecária/CRB-8/9203

VICTOR DE OLIVEIRA VICTOR GONÇALVES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA"

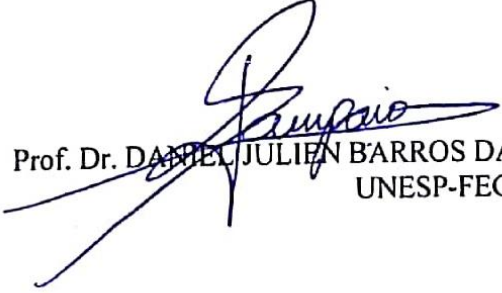
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO


Prof.ª Dra. Paloma Maria Silva Rocha Rizol
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. SAMUEL EUZÉDICE DE LUCENA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. FERNANDO RIBEIRO FILADELFO
UNESP-FEG


Prof. Dr. DANIEL JULIEN BARROS DA SILVA SAMPAIO
UNESP-FEG

Novembro de 2018

DADOS CURRICULARES

Victor de Oliveira Victor Gonçalves

NASCIMENTO	05.03.1994 – São Paulo / SP
FILIAÇÃO	Eder Gonçalves Ana Maria de Oliveira Victor
2012/2018	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá / UNESP-FEG

dedico este trabalho
de modo especial, à minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha família, que deu mais que o suporte necessário para que eu pudesse dedicar-me integralmente ao curso durante esses anos e pudesse concluí-lo;

Aos meus colegas de classe e amigos da República APAE, os quais lado a lado diminuíram o peso e dificuldades desse longo período de formação;

À UNESP de Guaratinguetá, a todos os seus funcionários e professores;

Ao meu orientador, Prof. Samuel Euzédice de Lucena, que sempre me incentivou, mostrou-se interessado e prestativo desde que lhe apresentei a proposta deste trabalho;

A todos os que acreditaram em mim, mostrando-se sempre satisfeitos com meu desempenho e apoiando-me.

“Porque eu amo infinitamente o finito,
Porque eu desejo impossivelmente o possível,
Porque quero tudo, ou um pouco mais, se
puder ser, ou até se não puder ser...”

Álvaro de Campos

RESUMO

Registradores de temperaturas que utilizam múltiplos canais de termopares para medição, são equipamentos caros, precisos quando calibrados e que atendem muito bem as necessidades de ensaios de aquecimento ou de simples monitoramento de quaisquer tipos de equipamentos. Porém, alguns deles são da década retrasada, possuindo *software* do fabricante e armazenamento de dados em disquetes ou discos pouco convencionais, incompatíveis com os *hardwares* e *softwares* de hoje em dia. Sendo assim, se vê necessário o reaproveitamento desses equipamentos de forma a atualizar e compatibilizar seu uso, armazenando e manipulando os dados por meio de dispositivos de rede e softwares compatíveis com os computadores e sistemas operacionais atuais. Os ensaios de aquecimento em equipamentos eletrônicos demandam aquisição periódica de dados para se chegar a uma conclusão sobre a estabilidade térmica dos pontos monitorados, a qual pode ser automatizada pelo conceito de *timer* configurável na programação em VBA, e atenderia também as necessidades de um simples monitoramento. A Programação em VBA e o Microsoft Office Excel são ferramentas poderosas, que complementam bem o perfil de qualquer profissional da engenharia, pois não só garantem a otimização da aquisição dos dados brutos, é capaz de manipulá-los, filtrá-los e gerar novos dados a partir deles, para serem efetivamente utilizados nas aplicações de interesse, no caso relatórios de certificação ou calibração. Tais ferramentas podem implementar inúmeras funcionalidades, de acordo com o interesse do programador, como por exemplo criar de alarmes de segurança, tabelas de dados de temperaturas reais, tabelas de dados de temperaturas relativas a temperatura ambiente no instante da medição, gráficos referentes as tabelas, destacar dados relevantes, etc.

PALAVRAS-CHAVE: Registradores de temperatura. VBA. Temperatura. Dados.

ABSTRACT

Temperature recorders using multiple thermocouple channels for measurement are expensive, accurate when calibrated, and meet the needs of heating tests or simple monitoring of any type of equipment. However, some of them are from the past decade, having manufacturer's software and storing data on diskettes or unconventional disks, incompatible with today's hardware and software. Therefore, it is necessary to reuse these devices in order to update and compatibilize their use, storing and manipulating the data through network devices and software compatible with current computers and operating systems. The tests of heating in electronic equipment demand periodic acquisition of data to arrive at a conclusion on the thermal stability of the monitored points, which can be automated by the concept of configurable timer in the programming in VBA and would attend the needs of a simple monitoring. VBA Programming and Microsoft Office Excel are powerful tools that complement well the profile of any engineering professional, as they not only guarantee the optimization of the raw data acquisition, it's able to manipulate them, filter them and generate new data from them, to be effectively used in the applications of interest, in the case certification or calibration reports. Such tools can implement numerous functionalities, according to the interest of the programmer, such as creating security alarms, real temperature data tables, temperature data tables relative to the ambient temperature at the time of measurement, charts referring to the tables, highlight relevant data, among others.

KEYWORDS: Temperature Recorders. VBA. Temperature. Data

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Registrador de temperatura multicanal YOKOGAWA MV112-1-2-1D	16
Figura 2 – Registrador de temperatura multicanal YOKOGAWA DX 112-1-2 Style S4.....	16
Figura 3 – Temperaturas máximas permitidas para partes	19
Figura 4 – Temperaturas máximas permitidas para partes do equipamento EM que provavelmente serão tocadas	19
Figura 5 – Temperaturas máximas permitidas para contato com a pele com partes aplicadas do equipamento EM	20
Figura 6 – YOKOGAWA MV112-1-2-1D	22
Figura 7 – Tipos de display	22
Figura 8 – Acesso e armazenamento de dados	23
Figura 9 – Recursos de rede via Ethernet	24
Figura 10 – Web Server	24
Figura 11 – Necessidades do projeto	25
Figura 12 – Inversão característica de um cabo de rede crossover	26
Figura 13 – Rede Local – Cabo de rede convencional x Crossover	27
Figura 14 – Interface WEB e Menu “All Channels”	31
Figura 15 – Importação de Dados de site através do Excel	32
Figura 16 – Planilha Gerada	33
Figura 17 – Código Query Tables	34
Figura 18 – Figura 18 – Código Application.OnTime	35
Figura 19 – Rotina executada com <i>timer</i> fixo	35
Figura 20 – Esboço da Planilha Final	36
Figura 21 – Fonte de dados da planilha – dados sincronizados	37
Figura 22 – Dados de Temperaturas Reais	38
Figura 23 – Dados de Temperaturas Relativas	38
Figura 24 – Dados de Variações de Temperaturas Relativas entre os Intervalos do Timer	39
Figura 25 – Dados Estatísticos do Modo Timer	40
Figura 26 – Principais rotinas do código	41
Figura 27 – Declaração das variáveis	42
Figura 28 – Sub-rotina UploadAlarme() - Botão 2	43
Figura 29 – Sub-rotina Alarme() - Botão 2	43
Figura 30 – Sub-rotina TimerAlarme() - Botão 2	43

Figura 31 – Sub-rotina ConfiguraTimer() - Botão 3	45
Figura 32 – Sub-rotina Upload() – Parte 1 - Botão 3	46
Figura 33 – Sub-rotina Upload() – Parte 2 - Botão 3	47
Figura 34 – Sub-rotina Timer() – Botão 3	47
Figura 35 – Sub-rotina UploadManual() – Botão 3	47
Figura 36 – Sub-rotinas de atribuições	48
Figura 37 – Interface de projetos do VBA	48
Figura 38 – <i>InputBox</i> para inserção do intervalo de timer	49
Figura 39 – <i>MsgBox</i> do Botão Pause	50
Figura 40 – Montagem e medição das temperaturas de uma lâmpada LED	51
Figura 41 – Temperaturas relativas – Canal 1	52
Figura 42 – Temperaturas relativas – Canal 2	53
Figura 43 – Temperaturas relativas – Canal 3	53
Figura 44 – Temperaturas relativas – Canal 4	53
Figura 45 – Temperaturas relativas – Canal 6	54
Figura 46 – Temperaturas relativas – Canal 7	54
Figura 47 – Temperaturas relativas – Canal 8	54
Figura 48 – Temperaturas relativas – Canal 9	55
Figura 49 – Temperaturas relativas – Canal 10	55
Figura 50 – Temperaturas reais – Canal 1	55
Figura 51 – Temperaturas reais – Canal 2	56
Figura 52 – Temperaturas reais – Canal 3	56
Figura 53 – Temperaturas reais – Canal 4	56
Figura 54 – Temperaturas reais – Canal 6	57
Figura 55 – Temperaturas reais – Canal 7	57
Figura 56 – Temperaturas reais – Canal 8	57
Figura 57 – Temperaturas reais – Canal 9	58
Figura 58 – Temperaturas reais – Canal 10	58
Figura 59 – Planilha de dados após ensaio	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VB	Visual Basic
VBA	Visual Basic for Applications
SO's	Sistemas Operacionais
EM	Eletromédico
OCP	Organismo de Certificação de Produtos
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
T _{máx}	Temperatura Máxima
T _{mín}	Temperatura Mínima

LISTA DE SÍMBOLOS

ΔT Variação de temperatura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MOTIVAÇÃO	15
1.2	OBJETIVOS	17
1.3	ESTRUTURA	17
2	APLICAÇÃO DE ITENS DA NORMA ABNT NBR IEC 60601-1 2010	18
2.1	MÁXIMA TEMPERATURA DURANTE UTILIZAÇÃO NORMAL	18
2.2	TEMPERATURAS DE PARTES APLICADAS DESTINADAS A FORNECER CALOR AO PACIENTE	19
2.3	TEMPERATURAS DE PARTES APLICADAS NÃO DESTINADAS A FORNECER CALOR AO PACIENTE	20
2.4	ENSAIOS UTILIZANDO TERMOPARES	21
3	REGISTRADORES DE TEMPERATURA COM MÚLTIPLOS CANAIS DE TERMOPARES	22
4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	25
4.1	NECESSIDADES DO PROJETO	25
4.1.1	Acesso aos dados do registrador de temperatura	26
4.1.2	Importação e gravação dos dados do registrador de temperatura	31
4.2	PROJETO BÁSICO NO VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS	33
4.3	PROJETO AVANÇADO NO VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS	35
4.3.1	Necessidades e funções principais	37
4.3.2	Necessidades e funções adicionais	39
4.3.3	Código avançado no Visual Basic for Applications	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Registradores de temperatura com múltiplos canais de termopares (sensores de temperatura de alta confiabilidade) são equipamentos que possuem inúmeras aplicações desde simples testes, a monitoramentos em tempo real, ensaios de certificação ou calibração e, tem um valor de mercado alto. Ao contrário de dispositivos como computadores e celulares que se tornam obsoletos passada uma década de sua fabricação, os registradores de temperaturas não perdem sua funcionalidade e continuam atendendo muito bem as suas aplicações, quando mantidos calibrados e conservados.

Levando em conta a utilização de um registrador de temperatura em ensaios de aquecimento em equipamentos eletrônicos e eletromédicos, a medição em si não é comprometida quando sendo feita por um registrador fabricado cerca de duas décadas atrás, como o da Figura 1 ou 2, desde que calibrado, mas seu software de fábrica e a unidade de armazenamento de dados tornam-se obsoletos nesse período e incompatíveis com computadores e sistemas operacionais (SO's) atuais. No computador, os dados teriam que ser acessados e copiados para utilização e elaboração dos relatórios de certificação ou calibração do equipamento ensaiado e, sem um software adequado, há a necessidade de anotar os dados das medições manualmente.

Tendo em vista otimizar a aquisição manual periódica de dados dos ensaios de aquecimento, se vê necessário o desenvolvimento de um software compatível com os sistemas operacionais atuais e com a maioria dos computadores, que importe e salve os dados das medições no intervalo de interesse configurável, já adequando-os para serem utilizados nos relatórios de certificação ou calibração.

A rede de comunicação entre o registrador de temperatura e o computador deve ser configurada de acordo com o manual do registrador e garante que o software consiga importar os dados. Sendo assim, os ensaios são automatizados, demandando atenção do operador somente na configuração para início do processo e ao final, para salvar todos os dados após ser atingido o critério de estabilidade térmica.

Como a linguagem de programação a ser utilizada deve implementar todas as funcionalidades objetivadas no projeto, bem como desenvolver um software compatível com a maioria dos computadores e SO's atuais, escolheu-se o Visual Basic For Applications (VBA) como linguagem, compatível com computadores que possuem Microsoft Office Excel

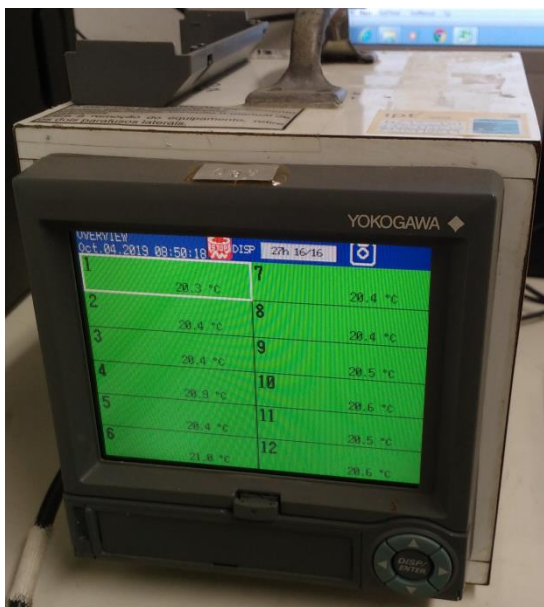
a partir de 2003 até as versões mais recentes, sendo uma ferramenta poderosa para realizar as mais diversas operações, importações e tratamentos de dados.

Figura 1 - Registrador de temperatura multicanal YOKOGAWA MV112-1-2-1D



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 2 - Registrador de temperatura multicanal YOKOGAWA DX 112-1-2 Style S4



Fonte: Produção do próprio autor

1.2 OBJETIVOS

- Compatibilizar comunicação de modelos antigos de registradores de temperatura YOKOGAWA com sistemas operacionais (SO) recentes (a partir do Windows XP) instalados em computadores com hardwares não ultrapassados, de forma a obter acesso aos dados de temperatura de todos os canais de termopares.
- Automatizar e otimizar planilha de dados de ensaios de aquecimento para certificação ou calibração de equipamentos eletrônicos, sendo compatível com versões do Microsoft Office Excel a partir de 2003. A planilha deve importar de forma automática, dados dos 12 canais de termopares do registrador de temperatura YOKOGAWA (compatível com modelos MV112-1-2-1D e DX 112-1-2 Style S4), num intervalo de timer configurável pelo usuário.
- Aprender a utilizar o VBA, linguagem de programação não abordada ao longo do curso de graduação.

1.3 ESTRUTURA

Para alcançar os objetivos propostos, o presente trabalho foi desenvolvido em etapas de análise, apresentadas ao longo de corpo desse trabalho de conclusão de curso. Além deste Capítulo 1 - Introdução, este trabalho é composto por outros cinco capítulos.

2 APLICAÇÃO DE ITENS DA NORMA ABNT NBR IEC 60601-1 2010

A norma ABNT NBR IEC 60601-1 2010 tem característica geral e é aplicável nos ensaios de certificação de equipamentos eletromédicos, daqui por diante denominados equipamentos EM. Tal norma, itens e subitens, têm como objetivo garantir os requisitos gerais para segurança básica e desempenho essencial de um equipamento EM.

Para chegar ao mercado, um produto deve atender a uma série de requisitos, um deles é obter a certificação completa, que é garantida quando o mesmo é enviado para ensaio(s) e atende aos itens ou subitens da(s) norma(s), exigidos pelo Organismo de Certificação de Produtos (OCP). O(s) ensaio(s) referente(s) ao item ou subitem pode(m) ser feito(s) em laboratório(s) acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), escolhido pelo cliente e recomendado(s) pelo OCP por realizar o tipo do ensaio necessário e possível certificação, necessidade de adequação ou reprovação.

O item 11, diretamente relacionado com o interesse dessa monografia, diz respeito à proteção contra temperaturas excessivas e outros perigos no uso do equipamento.

2.1 MÁXIMA TEMPERATURA DURANTE UTILIZAÇÃO NORMAL

Neste item o equipamento EM deve ser operado no pior caso de utilização normal, o que inclui a temperatura ambiente máxima de operação, especificada na descrição técnica do fabricante. Para atendê-lo as partes do equipamento EM não devem atingir temperaturas que excedam os valores dados na Figura 3 e Figura 4, não pode fazer com que a temperatura do canto de ensaio exceda 90° C e seus comutadores térmicos não devem operar em condição normal.

Figura 3 – Temperaturas máximas permitidas para partes

Partes	Temperatura máxima °C
Isolação, incluindo isolação de enrolamentos ^a	
- de Material Classe A	105
- de Material Classe E	120
- de Material Classe B	130
- de Material Classe F	155
- de Material Classe H	180
Partes com marcação T	T ^b
Outros materiais e componentes	c
Partes em contato com líquidos inflamáveis com ponto de combustão T °C	T-25
Madeira	90

^a A classificação de materiais isolantes é feita de acordo com a IEC 60085. Qualquer incompatibilidade dos materiais de um sistema de isolação que pode reduzir o limite máximo de temperatura do sistema abaixo dos limites dos materiais individuais deve ser considerado.

^b A marcação T refere-se à temperatura máxima de operação marcada.

^c Para cada material e componente, devem ser levadas em consideração as classificações de temperatura para cada material ou componente para determinar a temperatura máxima apropriada. Cada componente deve ser utilizado de acordo com sua classificação de temperatura. Quando existir dúvida, recomenda-se que o ensaio de ponta esférica de 8.8.4.1 seja realizado.

Fonte: ABNT, NBR IEC 60601-1 (2010).

Figura 4 – Temperaturas máximas permitidas para partes do equipamento EM que provavelmente serão tocadas

EQUIPAMENTO EM e suas partes		Temperatura máxima ^a °C		
		Metal e líquidos	Vidro, porcelana, material vítreo	Material moldado, plástico, borracha, madeira
Superfícies externas do EQUIPAMENTO EM que provavelmente serão tocadas por um tempo "t"	$t < 1 \text{ s}$	74	80	86
	$1 \text{ s} \leq t < 10 \text{ s}$	56	66	71
	$10 \text{ s} \leq t < 1 \text{ min}$	51	56	60
	$1 \text{ min} \leq t$	48	48	48

^a Esses valores-limite para temperaturas são aplicáveis para adultos com pele saudável. Eles não são aplicáveis quando grandes áreas da pele (10 % da superfície total do corpo ou mais) podem entrar em contato com uma superfície quente. Isso também se aplica no caso de contato da pele com mais de 10 % da superfície da cabeça. Onde isto for o caso, limites apropriados devem ser determinados e documentados no ARQUIVO DE GERENCIAMENTO DE RISCO.

Fonte: ABNT, NBR IEC 60601-1 (2010).

2.2 TEMPERATURAS DE PARTES APLICADAS DESTINADAS A FORNECER CALOR AO PACIENTE

Há equipamentos eletromédicos nos quais a função principal depende de um contato do paciente com partes quentes ou frias, que podem até queimar o paciente em prol de um efeito medicinal de melhoria no quadro clínico. Obviamente este efeito deve ser comprovado e documentado no Arquivo de Gerenciamento de Risco do projeto e as temperaturas e efeitos

clínicos devem ser declaradas nas instruções para utilização, deixando esse item sob total responsabilidade do fabricante e seus representantes.

2.3 TEMPERATURAS DE PARTES APLICADAS NÃO DESTINADAS A FORNECER CALOR AO PACIENTE

No caso das temperaturas medidas nas partes aplicadas não destinadas a fornecer calor ao paciente não excederem os limites apresentados na Figura 5, o item é atendido sem nenhuma justificativa prescrita. E, caso as temperaturas excedam esses limites, o item não é atendido.

Porém, se o valor medido de temperatura exceder 41° C ou for menor que a temperatura ambiente, mesmo atendendo aos limites da Figura 5, a máxima temperatura deve ser declarada no manual de instruções do produto e os efeitos clínicos relacionados às características como superfície corporal, maturidade dos pacientes, medicamentos em utilização ou pressão superficial devem ser determinados e documentados no Arquivo de Gerenciamento de Risco.

Figura 5 – Temperaturas máximas permitidas para contato com a pele com partes aplicadas do equipamento EM

PARTES APLICADAS do EQUIPAMENTO EM		Temperatura máxima ^{a b} °C		
		Metal e líquidos	Vidro, porcelana, material vítreo	Material moldado, plástico, borracha, madeira
PARTE APLICADA em contato com o PACIENTE por um tempo "t"	$t < 1 \text{ min}$	51	56	60
	$1 \text{ min} \leq t < 10 \text{ min}$	48	48	48
	$10 \text{ min} \leq t$	43	43	43
^a Esses valores-limite para temperaturas são aplicáveis para adultos com pele saudável. Eles não são aplicáveis quando grandes áreas da pele (10 % da superfície total do corpo ou mais) podem entrar em contato com uma superfície quente. Isso também se aplica no caso de contato da pele com mais de 10 % da superfície da cabeça. Onde isto for o caso, limites apropriados devem ser determinados e documentados no ARQUIVO DE GERENCIAMENTO DE RISCO.				
^b Onde for necessário que PARTES APLICADAS excedam os limites de temperatura da Tabela 24 para fornecerem benefício clínico, o ARQUIVO DE GERENCIAMENTO DE RISCO deve conter documentação que mostra que o benefício resultante excede qualquer aumento associado de RISCO.				

Fonte: ABNT, NBR IEC 60601-1 (2010).

2.4 ENSAIOS UTILIZANDO TERMOPARES

A norma apresenta alguns métodos de medições de temperatura, mas qualquer instrumento de medição devidamente calibrado e que tenha um efeito negligenciável na temperatura da parte sob ensaio pode ser utilizado. Porém, no caso de medição de temperatura de enrolamentos utilizando termopares, a norma determina que os limites de temperatura da Figura 3 devem ser reduzidos em 10° C.

O interesse na aquisição dos dados de temperatura neste ensaio busca determinar a estabilidade térmica do equipamento que, de acordo com a norma, se dá quando a temperatura da parte ensaiada não aumenta mais de 2° C durante o intervalo de tempo de uma hora.

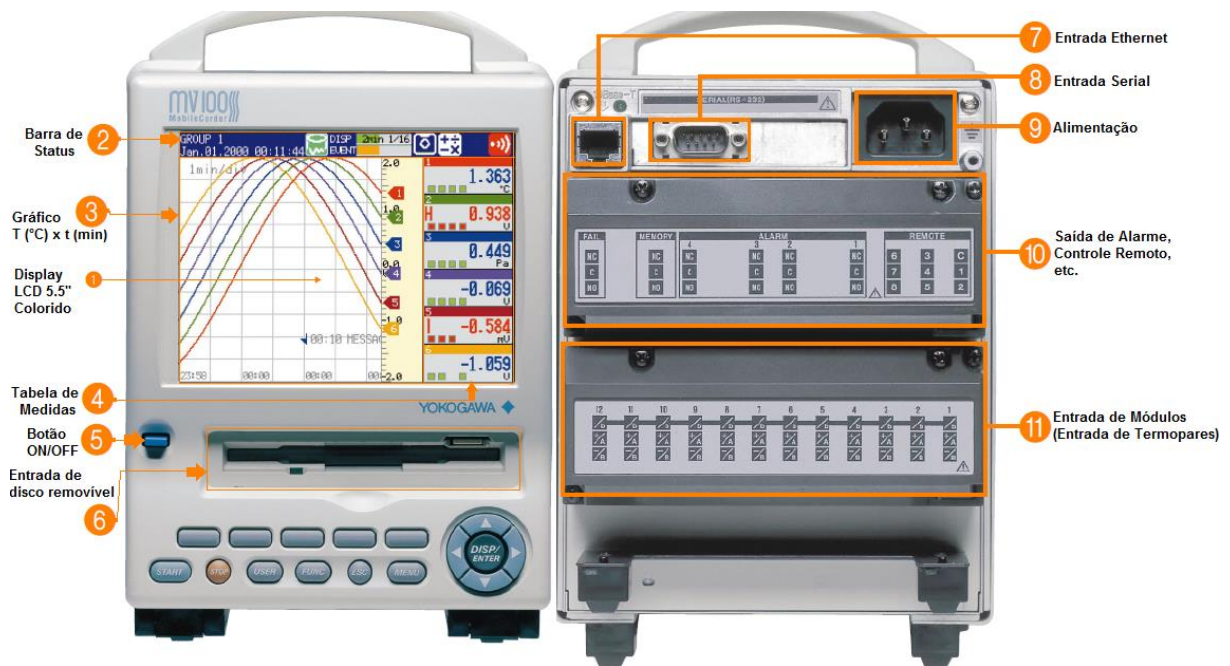
Em equipamentos de utilização não contínua, após a operação em modo prontidão/quiescente (“*standy-by*”) até que se atinja a primeira estabilidade térmica, o equipamento EM deve ser operado em utilização normal, em ciclos consecutivos até que a estabilidade térmica seja atingida novamente, ou por sete horas, o que for menor. Os períodos de “ligado” e “desligado” de cada ciclo são os períodos “ligado” e “desligado” declarados.

Já nos equipamentos de operação contínua, basta a operação normal até que seja atingida a primeira e única estabilidade térmica.

3 REGISTRADORES DE TEMPERATURA COM MÚLTIPLOS CANAIS DE TERMOPARES

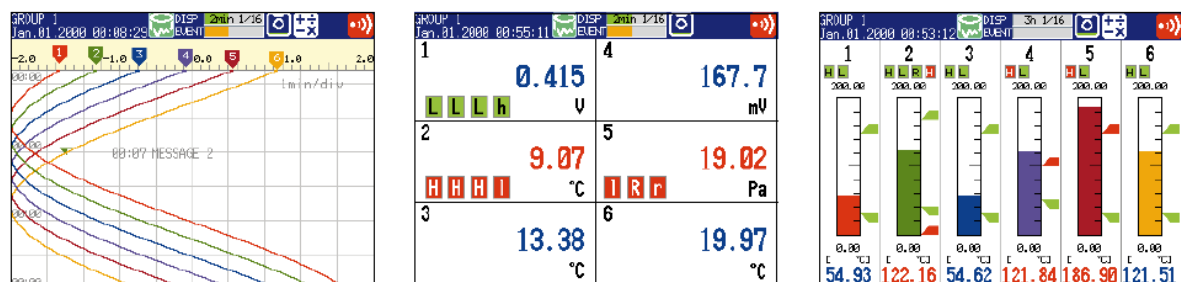
O registrador YOKOGAWA de modelo MV112-1-2-1D é ilustrado na Figura 6 e pode exibir na tela os dados obtidos (salvos na memória interna), na forma de formas de onda, valores numéricos e gráficos de barras, conforme é ilustrado na Figura 7.

Figura 6 – YOKOGAWA MV112-1-2-1D



Fonte: Yokogawa Electric Corporation (2010).

Figura 7 – Tipos de display



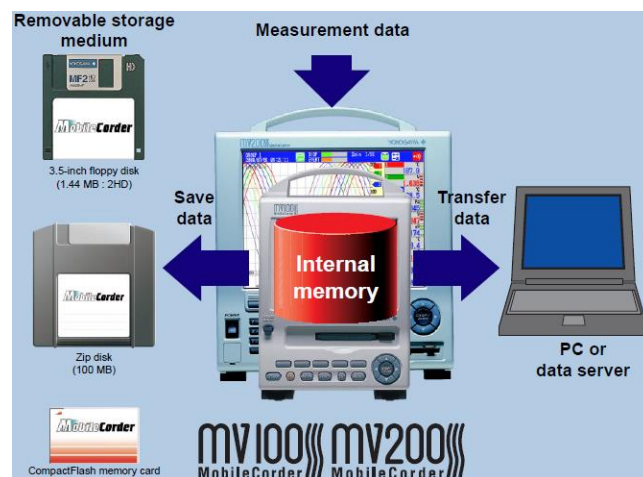
Fonte: Yokogawa Electric Corporation (2010).

O intervalo de escaneamento dos valores de temperatura medidos varia proporcionalmente ao número de canais ativos do registrador, portanto é mais longo quando o modelo do registrador possui 12 canais de termopares, que é o caso do modelo utilizado,

chegando a ser da ordem de 1 a 2 segundos. E a escala de valores medidos varia de acordo com o tipo de termopar utilizado, podendo atingir valores como -200°C ou 2315°C .

A Figura 8 apresenta o esquema do processo de armazenamento de dados e alternativas para a aquisição dos mesmos, onde uma das possibilidades é serem salvos em dispositivos externos de armazenamento, como disquetes 3.5'', Zip drives e cartões de memória flash ATA. A princípio, a possibilidade de usar dispositivos externos de armazenamento para aquisição de dados parece ser boa, mas os dispositivos de armazenamento externo compatíveis com os registradores são ultrapassados, podendo ser usados somente numa minoria de computadores ainda remanescentes da era do Windows 98 e XP, os quais ainda possuem leitores dos disquetes. Além disso, para a exibição dos dados do meio de armazenamento externo em um computador, seria necessário o software padrão fornecido pelo fabricante, o qual também seria compatível com OS ultrapassados.

Figura 8 – Acesso e armazenamento de dados

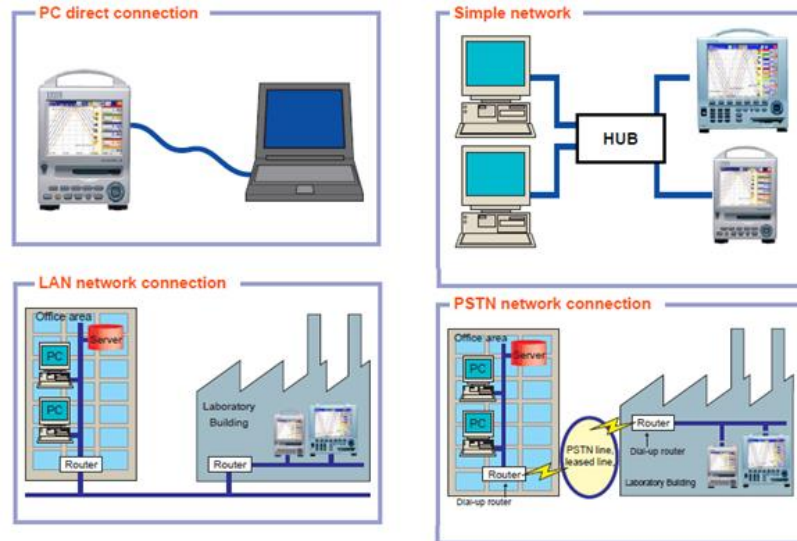


Fonte: Yokogawa Electric Corporation (2010).

A possível alternativa para a aquisição dos dados dos registradores provém da interface Ethernet, disponibilizada nos modelos MV100, no modo operar ou monitorar, onde os dados podem ser transferidos através de uma rede pré-configurada de uma das formas que a Figura 9 apresenta. Os tipos de configuração de rede podem ser simples conexões utilizando um hub para criar uma rede local entre o registrador e o PC ou conexões diretas somente utilizando um cabo Ethernet cruzado (*Crossover*), o qual dispensa o uso de protocolos de comunicação em geral, como o GP-IB e RS-232-C. Há também conexões mais complexas, que utilizam um

servidor, roteadores, que possibilitam acesso remoto as informações mesmo com dispositivos em diferentes redes.

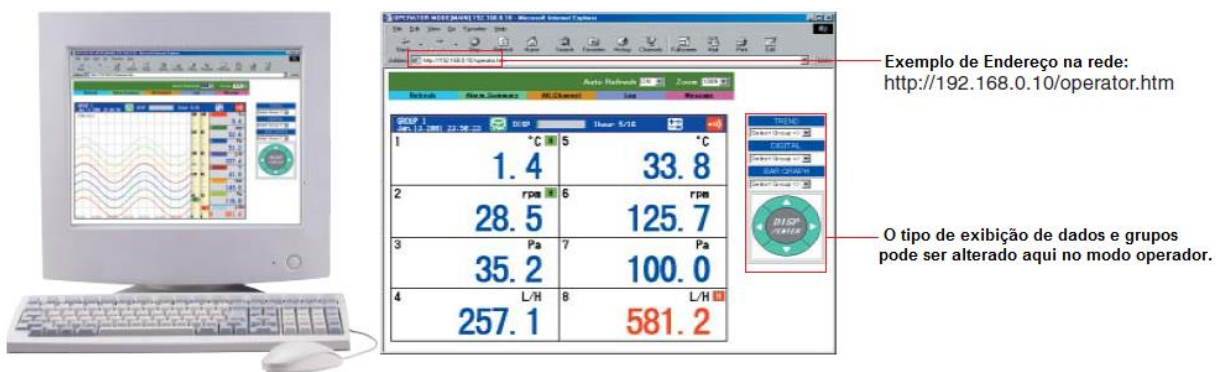
Figura 9 – Recursos de rede via Ethernet



Fonte: Yokogawa Electric Corporation (2010).

Depois de configurada a rede, habilitando o serviço de Web Server, os dados do *display* do registrador podem ser exibidos em um navegador (Internet Explorer, Google Chrome, Firefox, etc.), como é mostrado na Figura 10. Ativando o modo de atualização automática, os valores são atualizados a cada 30 segundos. No modo operador há mais recursos, o usuário pode alterar o tipo de exibição das medidas no *display* conforme a Figura 7, exibir grupos, inserir mensagens, mas o modo monitor já é suficiente para a aquisição dos dados.

Figura 10 – Web Server



Fonte: Yokogawa Electric Corporation (2010).

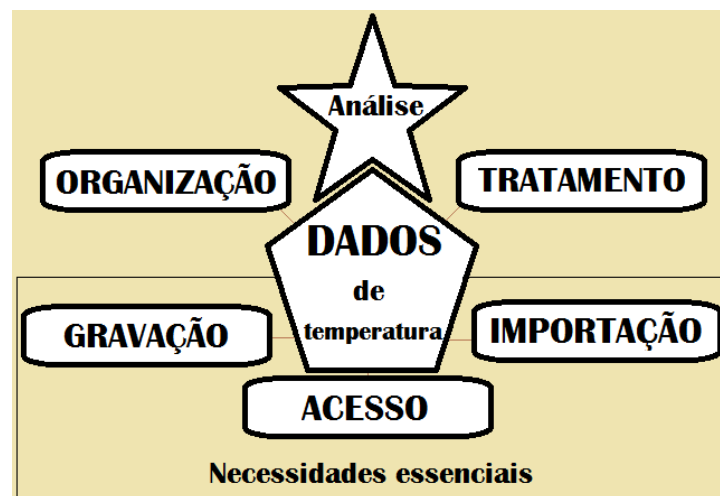
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Antes de iniciar qualquer projeto, deve-se analisar quais são as necessidades para que ele atenda ao objetivo final, sequenciando-as e classificando-as conforme sua importância. Em seguida, deve-se realizar os procedimentos para que as necessidades sejam atendidas, uma a uma, testando-as, e dando base ao projeto para que suas outras funcionalidades sejam desenvolvidas e acrescentadas.

4.1 NECESSIDADES DO PROJETO

Conversando com os profissionais da área, os quais realizarão os ensaios, é possível elencar as necessidades que o projeto deve atender, conforme é mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Necessidades do projeto



Fonte: Produção do próprio autor

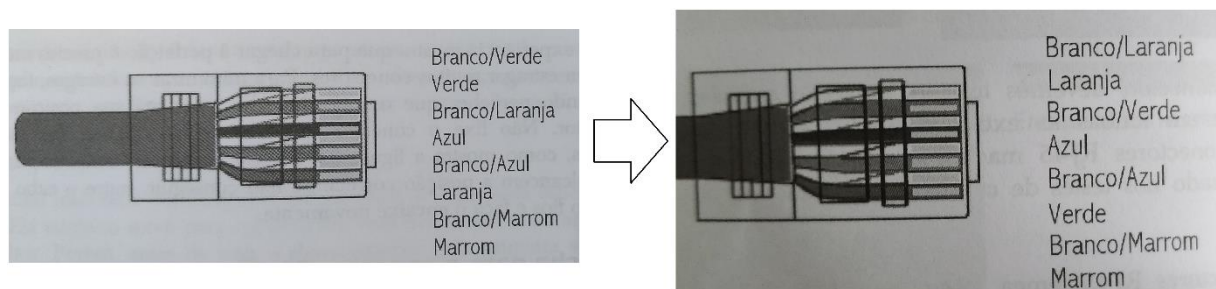
Verifica-se que o acesso, importação e possibilidade de gravação dos dados são imprescindíveis (essenciais) para possibilitar e otimizar uma análise pelo profissional que executará o ensaio. Já a organização e o tratamento são necessidades adicionais, que facilitarão a análise e o embasamento de uma futura conclusão do item do ensaio ou caracterização do funcionamento do equipamento ensaiado.

4.1.1 Acesso aos dados do registrador de temperatura

Para acessar os dados do registrador de temperatura, basta qualquer configuração dentre as apresentadas na Figura 9, a mais simples sendo a que utiliza apenas um cabo de rede crossover, que possibilita a criação de uma pequena Rede Local, entre no máximo 2 dispositivos, sem a utilização de placas de rede, hub, switch ou roteador adicionais.

Criar uma rede entre 2 dispositivos utilizando apenas um cabo de rede convencional não permite a troca de informações (dados), uma vez que o par de transmissão do primeiro dispositivo é ligado ao par de transmissão do segundo e os pares de recepção analogamente. Para possibilitar a troca de informações utilizando cabos de rede convencionais é necessário adquirir um Hub ou Switch, que tem a função de inverter as ligações, ligando o par de transmissão do primeiro dispositivo ao par de recepção do segundo e o par de recepção do primeiro ao par de transmissão do segundo, garantindo a comunicação. Porém, no caso da ligação entre apenas dois dispositivos, a função do Hub ou Switch pode ser feita manualmente, invertendo os pinos de uma das extremidades do cabo de rede convencional, como mostrado na Figura 12, dá-se origem ao cabo de rede crossover, possibilitando uma rede equivalente e mais simples, como ilustrado na Figura 13.

Figura 12 – Inversão característica de um cabo de rede crossover



Fonte: Vasconcelos (2008).

Uma simples rede utilizando um cabo de rede crossover é útil no compartilhamento de dados, atende a necessidade de transferência de arquivos e compartilhamento de impressoras entre 2 computadores por exemplo, sem o uso da internet. Portanto, utiliza-se esta configuração, a qual posteriormente pode ser substituída por uma rede sem fio ou mais complexa, de acordo com as necessidades do usuário.

Figura 13 – Rede Local – Cabo de rede convencional x Crossover



Fonte: Produção do próprio autor

É necessário configurar a rede local. Inicia-se pela placa de rede do computador, de forma equivalente independentemente do sistema operacional utilizado, mas com diferentes menus para configuração, conforme os itens a) e b) do passo a passo das configurações mostrado a seguir.

- a) Configuração da rede local do Computador para Windows XP
 - a.1) Ir em “Iniciar” > “Painel de Controle” > “Conexões de Rede e Internet” > “Conexões de Rede” e desativar quaisquer placas de rede wireless (clcando com o botão direito sob o ícone da conexão e em desativar), deixando somente a conexão (ões) local (is) ativa (s), evitando qualquer conexão automática com redes de acesso à Internet e consequentemente interferência na comunicação com o registrador.
 - a.2) Conectar fisicamente o computador ao registrador de temperatura através do cabo de rede crossover.
 - a.3) Ainda em “Conexões de Rede”, clicar com o botão direito do mouse na conexão de rede ativada ao conectar o registrador ao computador (basta verificar no “Status” que tal conexão passará a ter velocidade de 10,0 Mbps) e clique em “Propriedades”.
 - a.4) Na guia “Geral”, clique em Protocolo TCP/IP e em Propriedades.
 - a.5) Configurar da seguinte maneira:

Endereço IP: 10.5.55.201

Máscara de sub-rede: 255.255.0.0

Gateway Padrão: 10.5.0.2

Obter DNS automaticamente ou tudo em 0.0.0.0.

- b) Configuração da rede local do Computador para Windows 7, 8.1 e 10
 - b.1) No Windows 10, na caixa de pesquisa na barra de tarefas, digite “Exibir conexões de rede” e clique em “Exibir conexões de rede”.
No Windows 8.1, aperte o botão “Iniciar”, comece a digitar “Exibir conexões de rede” e clique em “Exibir conexões de rede”.
No Windows 7, abra “Iniciar” > “Painel de Controle” > “Central de Rede e Compartilhamento” > “Alterar Configurações do Adaptador”.
Já em “Conexões de Rede”, desativar quaisquer placas de rede wireless (clcando com o botão direito sob o ícone da conexão e em desativar), deixando somente a (s) conexão (ões) local (is) ativa (s), evitando qualquer conexão automática com redes de acesso à Internet e consequentemente interferência na comunicação com o registrador.
 - b.2) Conectar o computador ao registrador de temperatura através do cabo de rede crossover.
 - b.3) Ainda em “Conexões de Rede”, clicar com o botão direito do mouse na conexão de rede ativada ao conectar o registrador ao computador (basta verificar no Status que tal conexão passará a ter velocidade de 10,0 Mbps) e clique em “Propriedades”. Selecione a guia “Rede”. Em “Esta conexão usa os seguintes itens”, escolha Protocolo TCP/IP Versão 4.
 - b.4) Configurar da seguinte maneira:

Endereço IP: 10.5.55.201

Máscara de sub-rede: 255.255.0.0

Gateway Padrão: 10.5.0.2

Obter DNS automaticamente ou tudo em 0.0.0.0.

Após a configuração da placa de rede do computador, faz-se a configuração de rede do registrador de temperatura, conforme seu manual orienta e desativando o maior número de funcionalidades adicionais, não necessárias para atender a necessidade básica de acesso aos

dados, evitando-se conflitos e maior necessidade de processamento do registrador, conforme o passo a passo a seguir.

- c) Configuração da rede e interface WEB do registrador de temperatura
 - c.1) Com o registrador já ligado, aperte o botão “STOP” e, caso abra uma caixa de diálogo, aperte “DISP/ENTER” selecionando “YES” e aguarde alguns minutos até que apareça o símbolo de “STOP”, vermelho, na parte superior da tela ao lado direito do horário.
 - c.2) Aperte o botão “MENU” e em seguida aperte e segure por 5 segundos o botão “FUNC”, acessando o “SETUP MODE”.
 - c.3) Vá para o Menu “#10 Communication”, e em seguida para o sub menu “#1 Ethernet (IP_Address)”, configurando-o da seguinte maneira:
 IP-Address: 10.5.55.202
 Subnet mask: 255.255.0.0
 Default gateway: 10.5.0.1
 (Ao alterar cada campo, observe que o mesmo ficará amarelo e pressione o botão “DISP/ENTER” para armazenar o valor inserido.)
 Por fim, aperte o botão “ESC” para sair deste sub menu e retornar ao menu “#10 Communication”.
 - c.4) Vá para o sub menu “#2 Ethernet (DNC)”, configurando-o da seguinte maneira:
 DNS On/Off: Off
 E todos os outros campos em branco ou 0.0.0.0
 - c.5) Vá para o sub menu “#3 FTP Transfer File”, configurando-o da seguinte maneira:
 Disp&Event data: On
 Report: Off
 - c.6) Vá para o sub menu “#4 FTP Connection”, configurando-o da seguinte maneira:
 FTP connection Primary
 Port Number: 21
 PASV mode: Off
 Todos os outros campos em branco.
 FTP connection Secondary

Port Number: 21

PASV mode: Off

Todos os outros campos em branco.

- c.6) Vá para o sub menu “#5 Control (Login,Timeout)”, configurando-o da seguinte maneira:

Use/Not: Not

Application time out: Off

Keep alive: On

Apertar “ESC” para voltar ao “SETUP MODE”.

- c.7) Selecione o menu “#11 Web, E-mail” e o sub menu “#1 Web”, configurando-o da seguinte maneira:

Use/Not: Use

Page type: Monitor

On/Off: On

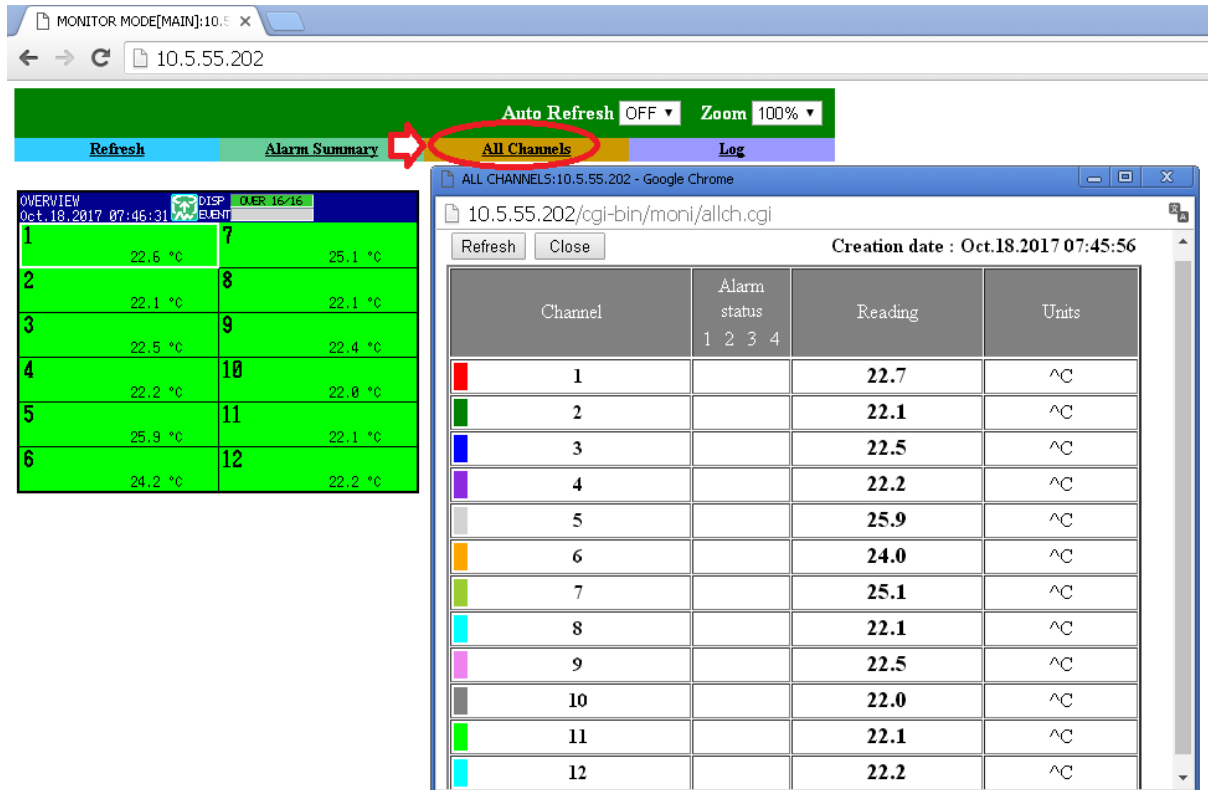
Access Control: Off

Por fim, aperte o botão “ESC” duas vezes, retornando ao “SETUP MODE” e selecione “END”. Será aberta uma caixa de diálogo perguntando se você deseja salvar as alterações nas configurações, selecione “YES” e aperte “DISP/ENTER”.

Por fim, após a configuração e conexão física da rede local, é possível acessar a habilitada interface WEB do registrador, por qualquer navegador através do “site” que é o próprio endereço de IP configurado para o registrador. Sendo garantido uma das necessidades básicas do projeto, o acesso aos dados do registrador através de um computador.

Como veremos nos itens posteriores, a partir deste acesso, é possível garantir as outras duas necessidades essenciais, a importação e a gravação dos dados. A interface inicial acessada pelo endereço “10.5.55.202” disponibiliza os dados no formato de imagem, o que dificulta qualquer futura manipulação (necessidade adicional). Mas ao clicar no Menu “All Channels” da interface, acessa-se os mesmos dados no formato de dados, editáveis, e importáveis em tal formato, alocados no endereço “10.5.55.202/cgi-bin/moni/allch.cgi”, como mostra-se na Figura 14.

Figura 14 – Interface WEB e Menu “All Channels”



Fonte: Produção do próprio autor

4.1.2 Importação e Gravação dos dados do registrador de temperatura

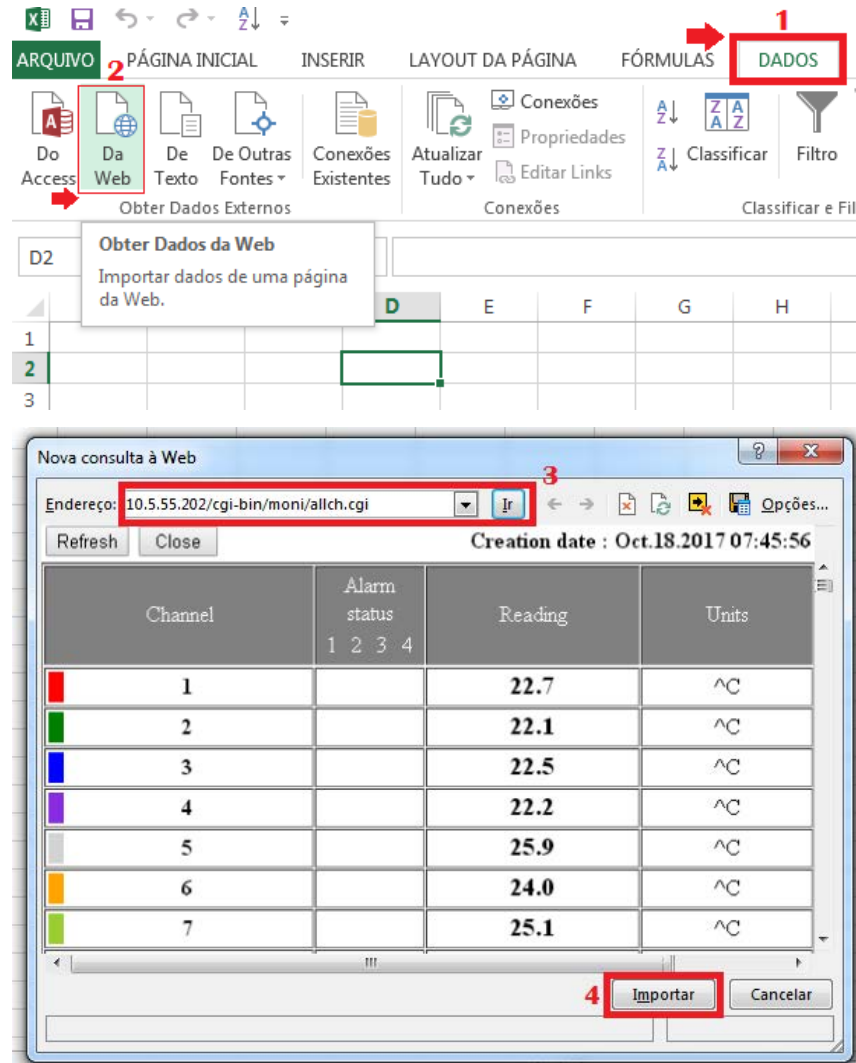
Para a importação dos dados dos 12 canais de temperatura do registrador deve-se utilizar um *software* capaz de importar e salvar em um arquivo legível todos os dados de determinado “site”, no caso do site “10.5.55.202/cgi-bin/moni/allch.cgi”, que fornece os dados do formato adequado para serem utilizados, trabalhados e gravados em um arquivo.

Inicialmente, pensando em atender as necessidades básicas do projeto, uma importação de forma manual atenderia a necessidade, a qual pode ser feita através do Microsoft Office Excel, na versão 2003 ou superior. Tal importação é feita através da guia “DADOS”, utilizando o botão “Da Web”, como mostra a Figura 15, é capaz de importar dados de qualquer site, seja da internet ou conforme o da interface disponibilizada pela rede local configurada para o projeto, convertendo-os, se possível, ao formato editável pelo Excel.

Através dos procedimentos manuais mostrados na Figura 15, importa-se a tabela dos 12 dados de temperatura dos canais do registrador Yokogawa, como mostra a Figura 16. Esse procedimento pode ser realizado quantas vezes e, no instante que o usuário desejar, basta apenas selecionar uma área vazia na planilha. Desta forma, atende-se as necessidades

essenciais do projeto, de forma manual mas que possibilita a gravação em arquivo no formato “.xls”, compatível e editável pelo Microsoft Office Excel, versão 2003 ou superior.

Figura 15 – Importação de Dados de site através do Excel



Fonte: Produção do próprio autor

Atendidas as necessidades essenciais do projeto, busca-se uma otimização fundamental, a de importar os dados de forma automática, em um intervalo de tempo configurável pelo profissional do laboratório, dispensando sua atividade presencial periódica e durante um intervalo de tempo de trabalho considerável.

O Microsoft Office Excel, além das funções manuais e leques de funções prontas para tratamento dos dados, disponibiliza um ambiente de programação, o Visual Basic for Applications (VBA), uma implementação da linguagem Visual Basic (VB) da Microsoft, incorporada ao Excel e outros *softwares* da Microsoft.

Figura 16 – Planilha Gerada

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2						Creation date : Sep.06.2017 13:27:35					
3											
4											
5				Channel		Alarm status				Reading	Units
6						1	2	3	4		
7				1						24,5	°C
8				2						24,5	°C
9				3						23,7	°C
10				4						24,2	°C
11				5						28,2	°C
12				6						77,7	°C
13				7						23,7	°C
14				8						23,7	°C
15				9						24,3	°C
16				10						23,5	°C
17				11						25	°C
18				12						23,5	°C
19											

Fonte: Produção do próprio autor

Através de um código de programação em VB, é possível realizar as mais diversas atividades, incluindo a importação de dados da Web, e configurar um *timer* para que execute o trecho de programação que realiza a importação. Com a ajuda do menu “Help” e pesquisa em fóruns nacionais e internacionais, os quais muitas vezes são disponibilizados pela própria Microsoft, é possível dar os primeiros passos para automatizar a importação dos dados do registrador Yokogawa e ir implementando gradualmente todas as funcionalidades desejadas pelo usuário.

4.2 PROJETO BÁSICO NO VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS

Para iniciar o processo de automatização da importação de dados, deve-se buscar um código que seja capaz de realizar a função de importação manual de dados, apresentada na Figura 15, de forma que a cada vez que seja executado gere uma tabela de dados de temperatura deste instante, de acordo com a Figura 16.

O método “QueryTables.Add” é capaz de importar dados de fontes externas, incluindo de dados WEB. A construção da tabela de dados na planilha é feita através do objeto tipo “QueryTable”, que possui propriedades que podem ser trabalhadas dentro do método, tendo como fonte de dados o site (URL) inserido após o trecho “URL;” e como destino a primeira célula(s) configurada(s) após o trecho “Destination:=”, preenchendo todo o lado direito desta referência.

Verifica-se previamente se o tipo dos dados da fonte (URL) não está poluído e está no formato adequado (sem ter formato de imagens, vídeos, propagandas, etc), sendo assim o trecho mostrado na Figura 17 será capaz de importar dados de qualquer site, convertendo-os em uma Tabela “QueryTable”, a qual será salva na planilha alinhada a direita e abaixo da célula de referência.

Cada vez que esse código é executado, desloca as células preenchidas para a direita (segundo plano), criando uma nova tabela atualizada em primeiro plano. Desta forma, a quantidade de dados armazenados (tabelas criadas) fica em função do número de colunas máximas que o Excel possui (16.348) e no caso de uma tabela como a mostrada na Figura 16, com 8 colunas, seria possível importar e armazenar 2048 tabelas de dados de temperatura.

Figura 17 – Código Query Tables

```
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:= _
"URL;http://10.5.55.202/cgi-bin/moni/allch.cgi", _
Destination:=Range("b1"))
    .BackgroundQuery = True
    .TablesOnlyFromHTML = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
    .SaveData = True
End With
```

Fonte: Produção do próprio autor

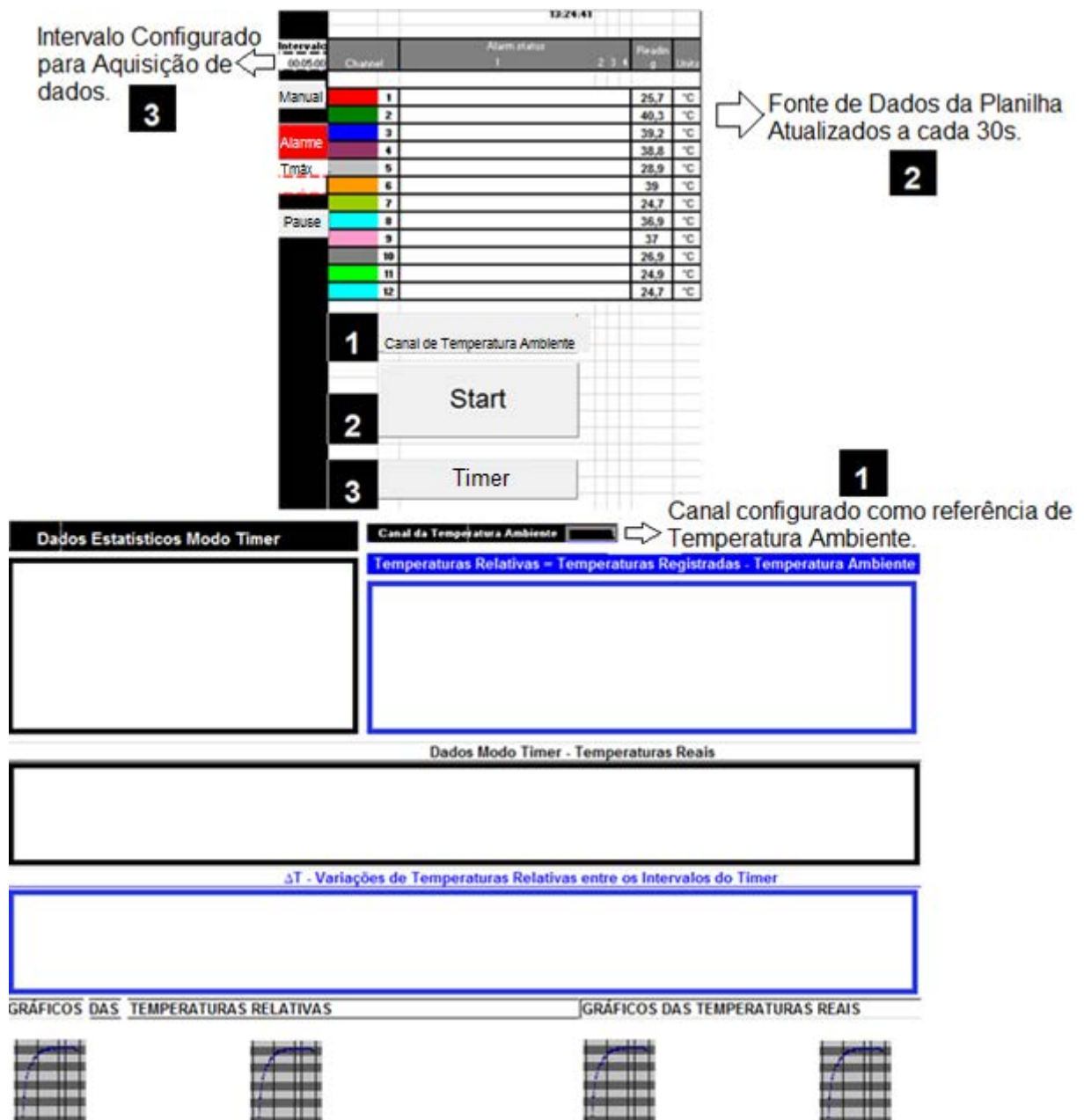
Portanto, esse trecho de código realiza a função manual de importação de dados da WEB disponibilizada no Menu do Excel, mas ainda exige uma interação manual do usuário para a execução do código no intervalo de tempo de interesse. Sendo assim, o próximo passo deve ser buscar algum método que execute o código em um intervalo de tempo configurável, pré-determinado, um *timer* do VB.

O método “Application.OnTime” atua como *timer*, pois cronometra um procedimento para ser executado no futuro, em uma hora específica ou após um período de tempo passado a partir do instante em que o método é “chamado” através de comando como “call” ou “go to”.

Ou seja, todo final de execução da rotina da Figura 17, pode “chamar” uma subrotina *timer*, que deve possuir o método Application.OnTime e o intervalo que esse método deve esperar para que chame novamente rotina da Figura 17, a qual gerará uma nova tabela, chamará novamente o método *timer* e assim por diante, gerando novas tabelas de temperatura atualizadas a cada intervalo de tempo, uma ao lado da outra.

Porém, as necessidades adicionais, de organização e tratamento de dados, as quais deverão fornecer os dados após uma etapa que pode ser considerada de preparação para a análise, devem ser planejadas e criadas a partir do código básico, atingindo uma quantidade considerável de linhas de programação. A Figura 20 ilustra qual a idéia de organização da planilha, tabelas, botões e funcionalidades.

Figura 20 – Esboço da Planilha Final



Fonte: Produção do próprio autor

4.3.1 Necessidades e funções principais

Os botões 1, 2 e 3 são os responsáveis por dar início a funcionalidade principal, iniciar a aquisição de dados de temperaturas de forma automática em um intervalo de *timer* configurado pelo usuário.

Primeiramente o usuário deverá pressionar o Botão 1 e inserir o número do canal que será usado como referência do valor da temperatura ambiente (podendo ser de 1 a 12), sendo posicionado fora do equipamento ensaiado. O número do canal armazenado em uma célula da planilha, próximo aos dados de temperaturas relativas.

Em seguida o usuário deverá pressionar o Botão 2, que iniciará a atualização dos valores de temperatura da fonte dos dados da planilha, mostrada na Figura 21, em intervalos fixos de 30 segundos. Esse intervalo, que não é configurado pelo usuário, se trata de um intervalo de sincronização da fonte de dados da planilha com os dados da WEB (do registrador de temperatura), não de aquisição dos dados em si. Esta função de atualização é essencial para que não sejam sempre geradas Tabelas de 8 colunas ocupando espaços lado a lado a cada aquisição de dados, elas serão sobrepostas no mesmo local (Figura 20), sendo copiado dela somente a parte de interesse, os dados de temperatura atualizados a cada 30 segundos.

E, pressionando o Botão 3, o usuário deverá inserir o intervalo para o qual deseja que os dados sejam salvos (copiados) da fonte (atualizada a cada 30 segundos) para a planilha, nos espaços destinados as temperaturas reais (Figura 21) e relativas (Figura 22), gerando os respectivos pontos dos gráficos a cada intervalo de aquisição. O valor informado para este intervalo é armazenado numa célula à esquerda dos dados sincronizados.

Figura 21 – Fonte de dados da planilha – dados sincronizados

Creation date : Oct.04.2017 09:28:31						
Channel		Alarm status			Reading	Units
		1	2	3		
	1				22,9	°C
	2				22,9	°C
	3				22,7	°C
	4				22,6	°C
	5				26,8	°C
	6				22,9	°C
	7				22,8	°C
	8				22,8	°C
	9				22,8	°C
	10				22,6	°C
	11				22,8	°C
	12				22,5	°C

Fonte: Produção do próprio autor

A gravação dos dados da fonte da planilha (Figura 21), no intervalo configurado pelo usuário através do Botão 3, é feita diretamente nos dados de temperaturas reais (Figura 22), no mesmo intervalo. A Figura 22 ilustra uma aquisição com *timer* configurado para um minuto, contém os dados de temperaturas medidas pelos 12 canais, incluindo o utilizado como referência de temperatura ambiente e o horário em que foram gravados.

Figura 22 – Dados de Temperaturas Reais

	Dados Modo Timer			Temperaturas Reais					
Canal									
1	22,9	22,6	22,7	22,7	22,6	22,6	22,6	22,7	22,9
2	21	175,9	174,2	181,9	168,3	171,4	172,5	167,2	170,5
3	22,3	22,2	22,3	22,3	22,2	22,2	22,2	22,3	22,3
4	22,4	22,5	22,8	22,6	22,6	22,6	22,7	22,5	22,6
5	26,6	26,7	26,7	26,7	26,6	26,5	26,6	26,7	26,7
6	22,8	22,8	22,9	22,8	22,9	22,9	22,8	22,9	22,8
7	22,7	22,7	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
8	22,6	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
9	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
10	22,4	22,5	22,5	22,4	22,5	22,4	22,5	22,5	22,5
11	22,5	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,7	22,6
12	22,3	22,4	22,4	22,4	22,3	22,4	22,4	22,3	22,4
Horário	8:04:32	8:05:32	8:06:32	8:07:32	8:08:32	8:09:32	8:10:32	8:11:32	8:12:32

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 23 – Dados de Temperaturas Relativas

Canal	Temperaturas Relativas = Temperaturas Registradas - Temperatura Ambiente								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Horário									
Timer	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fonte: Produção do próprio autor

Os dados das temperaturas relativas, ilustrados na Figura 23, armazenam as temperaturas também no intervalo de aquisição configurado no *Timer*, já realizando a operação matemática na temperatura real medida de cada canal, subtraindo a temperatura ambiente medida do canal configurado através do Botão 1.

Nas últimas linhas temos o horário de cada aquisição (de acordo com o Timer) e o valor inteiro do (1,2,3... enésimo) *timer* correspondente, sendo o valor 1 referente a primeira aquisição de dados, 2 à segunda e assim sucessivamente. Entre os enésimos *timers* temos o intervalo de tempo correspondente ao intervalo do timer configurado pelo usuário, ou seja, o Δt .

As variações de temperaturas relativas são as de interesse para analisar a estabilidade térmica do equipamento, pois já consideram a interferência da temperatura ambiente ao longo do ensaio. Elas deverão ser salvas nos Dados de Variações de Temperaturas Relativas entre os Intervalos do Timer (Δt), mostrados na Figura 24.

Figura 24 – Dados de Variações de Temperaturas Relativas entre os Intervalos do Timer (Δt)

ΔT - Variações de Temperaturas Relativas entre os Intervalos do Timer											
Canal	ΔT (1-2)	ΔT (2-3)	ΔT (3-4)	ΔT (4-5)	ΔT (5-6)	ΔT (6-7)	ΔT (7-8)	ΔT (8-9)	ΔT (9-10)	ΔT (10-11)	ΔT (11-12)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

Fonte: Produção do próprio autor

Portanto, cada linha da coluna $\Delta T(1-2)$ deverá armazenar a variação de temperatura relativa do canal correspondente, entre a 1ª aquisição e a 2ª aquisição, subtraindo o valor da 2ª do valor da 1ª, a [(enésima+1) – enésima], sendo assim, necessitará de pelo menos duas medidas para conter algum valor.

Os dados de cada canal, tanto os Dados Modo Timer (Temperaturas Reais – Figura 22) e Dados de Temperaturas Relativas (Temperaturas Relativas – Figura 23), são plotados respectivamente em gráficos da parte inferior da planilha, gerando automaticamente os novos pontos a cada aquisição.

4.3.2 Necessidades e funções adicionais

Os botões adicionais foram criados não só pensando nas novas funcionalidades, mas também na usabilidade da planilha. O Botão Pause, por exemplo, é criado pensando na usabilidade, interrompe todos os processos envolvidos de aquisição e atualização frequente de

dados para fins de melhor visualização dos dados de análise, gravação do arquivo da planilha ou até alteração do intervalo de aquisição configurado através do Botão 3.

O Botão Manual foi criado para não limitar a planilha somente à função de aquisição automática de dados. Cada vez que é pressionado, os dados reais de temperatura da Fonte de Dados atualizados (Figura 21) são copiados para um local abaixo dos gráficos de 7 canais, denominado “Dados Modo Manual”, com *layout* semelhante ao da Figura 22. Esta função é útil quando o usuário, que esteja acompanhando o processo de aquisição de dados, por algum motivo queira salvá-los dados num instante fora do intervalo de *timer* configurado, mas limita-se a aquisição dos dados reais de temperatura dos 12 canais, pois não é a funcionalidade principal.

Se for julgado necessário, pode-se configurar uma temperatura limite para que uma função Alarme seja acionada. Clicando no Botão Alarme, insere-se a temperatura que, em caso de ser excedida por um dos canais num ciclo de sincronização dos dados (30 segundos), deverá tocar um alarme (som padrão da versão do Windows em execução), sem interromper o registro e aquisição dos dados. Tal referência de temperatura pode ser alterada ao longo do ensaio APENAS pressionando o botão alarme novamente, sem a necessidade de interromper a aquisição por meio do Botão Pause.

Os Dados Estatísticos do modo Timer, ilustrado na Figura 25, são referentes aos dados do Modo *Timer*, não aos atualizados a cada 30 segundos. Eles podem ser analisados para uma simples verificação da calibração dos canais, deixando-os medir o mesmo corpo de prova por um tempo, vendo se não há um desvio grave em suas temperaturas medidas. Exibem também os valores de máxima e mínima temperatura registrada por cada canal durante todo o processo, suas respectivas Amplitudes ($T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$), Médias e também o valor máximo de temperatura registrada em todos os 12 pontos de medição (12 canais).

Figura 25 – Dados Estatísticos do Modo *Timer*

Dados Estatísticos Modo Timer					
Canal	Desvio P	Máximo	Mínimo	Máx-Mín	Média
1	0,43568	26,00	24,00	2	25,25
2	2,80972	40,20	27,40	12,8	38,50
3	3,05537	39,20	25,20	14	37,25
4	3,05782	38,80	24,90	13,9	36,85
5	0,52284	29,20	27,20	2	28,49
6	2,9013	39,00	25,60	13,4	37,11
7	0,47337	25,00	23,20	1,8	24,39
8	4,45159	36,90	21,00	15,9	32,85
9	4,3816	37,00	21,20	15,8	32,92
10	0,66312	27,40	24,70	2,7	26,49
11	0,40205	24,90	23,30	1,6	24,35
12	0,52913	25,00	23,00	2	24,30
Máximo Registrado		40,2			

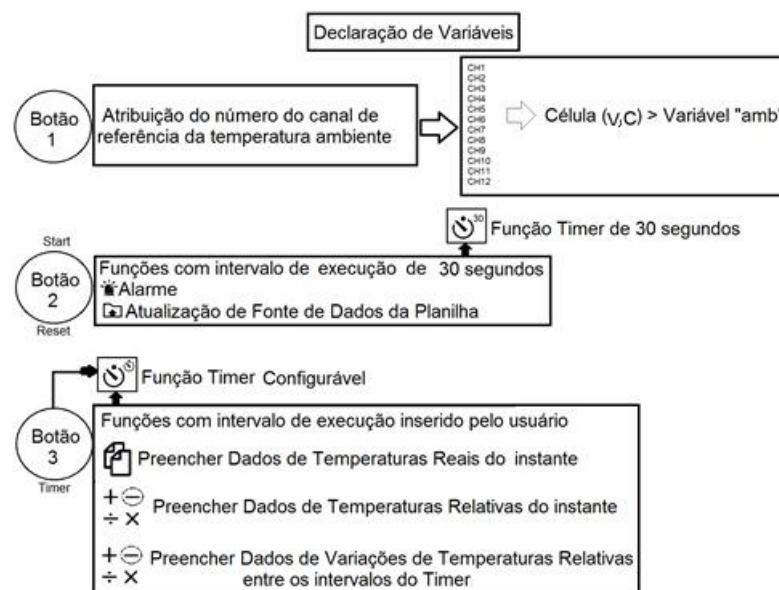
Fonte: Produção do próprio autor

Por fim, para não comprometer o processo de aquisição, devem ser planejados tratamentos e prevenções de possíveis exceções (erros). Por exemplo, bloquear as células da planilha durante a aquisição, isso evita que durante o processo o operador, sem querer, não altere nenhum campo e provoque os mais diversos tipos de erros possíveis, como de compatibilidade de formato de dados com as funções programadas ou mesmo os mais graves, como alterar um campo de dados de temperatura medida para um valor falso. Deve-se também garantir que, depois de pressionado o Botão Pause, o processo não tenha continuidade ou execute somente as últimas tarefas, sendo “resetado” ao pressionar o Botão Start novamente. Outras previsões e ocorrências são detectadas nos testes de cada funcionalidade acrescentada ou somente no teste final (todas atuando em conjunto), e devem ser corrigidas e/ou evitadas no código final do projeto.

4.3.3 Código avançado no Visual Basic for Applications

Para implementar todas as funções de botões e os processos necessários para a execução de todas as necessidades da planilha parte-se do código base. Em seguida são criadas as novas necessidades, adicionando-as uma a uma, testando e inter-relacionando-as se necessário, até a conclusão do projeto. O desenho esquemático, das principais rotinas e partes do código, é mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Principais rotinas do código



Fonte: Produção do próprio autor

A declaração das variáveis, apresentada na Figura 27, não é a primeira atividade a se fazer na elaboração do código, mas é posicionada no topo do programa. Conforme o desenvolvimento das sub-rotinas, elas vão sendo criadas e declaradas com o tipo necessário, de forma global, para que não se percam a cada fim ou início de sub-rotina.

Figura 27 – Declaração das variáveis

```
Private Intervalo As String
Private p As Integer
Private k As Integer
Private c As Integer
Private amb As Double
Private n As Integer
Private h As Integer
Private b As Integer
Private j As Integer
Private Alarm As Double
```

Fonte: Produção do próprio autor

Variáveis do tipo “Inteiro” ou “Integer” são números inteiros, os quais serão utilizados para auxiliar na contagem de linhas e colunas (posicionamento) de células a serem preenchidas por meio de comandos “FOR”. Podem também auxiliar no armazenamento de valores que serão inseridos pelo usuário (como o número de um canal de medição) ou mesmo armazenar valores adotados como condicionais para controlar a execução de sub-rotinas, por meio de comandos “IF”. Recomenda-se que essas variáveis sejam exclusivas para cada método, ou seja, não sejam reutilizadas por outros ao longo do código, a fins de evitar alterações indesejáveis ou outros erros.

O Botão 2 dá início as rotinas ilustradas nas Figuras 28, 29 e 30. Primeiramente a sub-rotina “UploadAlarme” (Figura 28) executará a função de atualização da fonte de dados, a chamada condicional (segundo “IF”) do “Alarme” (Figura 29) e chamada do seu próprio timer fixo de 30 segundos (Figura 30), sob a condição do Pause não estar ativado, por meio do primeiro “IF”. O status do botão pause é armazenado na célula oculta (linha 14, coluna A), que possui letra e fundo preto, caso ela esteja com valor zero significa que o Pause está desativado. Quando o Botão Pause é pressionado, esta célula é alterada para um valor que indicará que o Pause está ativado, interrompendo qualquer função da sub-rotina quando ela for reexecutada pela rotina “TimerAlarme” (Figura 30). Entretanto, caso o botão Start seja pressionado novamente, o Pause é desativado (valor 0) e esta rotina e seu ciclo voltam a ser executados normalmente.

Figura 28 – Sub-rotina UploadAlarme() - Botão 2

```

Sub UploadAlarme()
Sheets("Plan1").Unprotect
'Desprotege Planilha
If Cells(14, 1).Value = 0 Then
' "Se" o pause estiver desativado
Range("B1:I17").ClearContents
'Limpa o espaço em que os dados atualizados serão alocados
'Inicio do método que importará os dados atualizados:
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:= _
"URL;http://10.5.55.202/cgi-bin/moni/allch.cgi", _
Destination:=Range("b1"))
'Referência a esquerda superior de onde os dados serão inseridos
.BackgroundQuery = True
.TablesOnlyFromHTML = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
.SaveData = True
    End With
'Fim do método que importará os dados atualizados:
Range("H6:H17").Select
'Seleciona o intervalo de dados de temperaturas reais recém atualizados
Selection.Copy
'Copia -os
Cells(4, 16).Select
'Seleciona a referência de onde a 1a célula copiada será colada, e as demais abaixo.
'E a coluna ao lado dos dados estatísticos.
ActiveSheet.Paste 'Cola-os na coluna
Range(Cells(4, 16), Cells(15, 16)).Interior.ColorIndex = 1
'Oculto-os, deixando o fundo preto, mesma cor que a letra dos dados.
Application.CutCopyMode = False
'Retira a seleção dos dados
    If Cells(16, 16).Value > Cells(11, 1).Value Then
'Verifica se o valor máximo dos dados recém atualizados ultrapassou o valor configurado para Alarme.
    Call Alarme
    ' "Se" ultrapassou chama-se a sub-rotina que toca o alarme
    End If
' Caso não ultrapasse a execução do If é encerrada nesta linha, sem executar o call que chama o alarme
Call TimerAlarme
'Chama o Timer fixo de 30 segundos, responsável pelas re-execuções desta subrotina, UploadAlarme()
Range("D2").Select
'Seleciona uma célula de referência para que a tela de exibição da planilha esteja adequada.
Else
' Caso o pause esteja ativado, condição imposta na segunda linha desta subrotina,
'nenhuma das linhas entre a segunda linha e esta é executada.
End If
'Comando referente ao else acima, que encerra a rotina sem executar nenhuma de suas funções além de desproteger a planilha.
Sheets("Plan1").Protect
'Protege a planilha novamente, sem ter condição nenhuma para que não o faça.
End Sub
'Fim da Subrotina

```

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 29 – Sub-rotina Alarme() - Botão 2

```

Sub Alarme() 'Rotina Responsável por tocar alarme quando chamada
Dim I As Integer
' Cria e declara a variável local "I" auxiliar para a contagem do FOR abaixo
    For I = 1 To 100
' Atribui valor inicial 1 à variável "I"
' Repete o som abaixo, a cada incremento da variável I, sendo ela menor ou igual a 100.
        Beep
' Executa o som do windows
    Next I
' Atualiza incrementando a variável auxiliar a cada intervalo de processamento do computador
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 30 – Sub-rotina TimerAlarme() - Botão 2

```

Sub TimerAlarme() 'Rotina responsável por contar 30 segundos, iniciando quando chamada pela sub-rotina UploadAlarme.
'E ao final dos 30 segundos, chamar novamente a sub-rotina UploadAlarme, que a chamou. É um ciclo.
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:30"), "UploadAlarme"
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

O Botão 3 dá início as rotinas ilustradas nas Figuras 31, 32 e 33. A sub-rotina “ConfiguraTimer()” (Figura 31) executará a função de solicitar ao usuário que insira o intervalo de seu interesse para que seja feita a aquisição dos dados de temperaturas reais e a geração dos dados provenientes deles, calculados na sub-rotina Upload() (Figuras 32 e 33), a qual será iniciada após o usuário confirmar de forma visual se o valor do *timer* inserido por ele foi digitado de forma correta.

Destaca-se a sub-rotina “Upload()”, é a que de fato realizará as tarefas mais importantes da planilha, preenchendo, e calculando se necessário, os campos dos “Dados de Temperaturas Reais” (Figura 22), dos “Dados de Temperaturas Relativas” (Figura 23), e “ ΔT - Variações de Temperaturas Relativas entre os Intervalos do Timer” (Figura 24), dados que serão salvos no arquivo final da planilha e serão os dados base dos gráficos e das informações estatísticas.

Todas as condições para que essa rotina seja executada de forma correta e que os dados sejam válidos são garantidos pelos comandos “IF” utilizados. Um valor de temperatura não válido (forma numérica) não pode ser utilizado num comando de operação matemática, isso acarretaria num erro lógico e o programa se encerraria com uma mensagem de erro. O tratamento da exceção deve ser feito alertando o usuário do erro por meio do uso da já criada sub-rotina Alarme(), destacando-se o dado em que ocorreu o erro e sinalizando também os demais que podem ter sido afetados. Tem-se como prioridade nestes casos a confiabilidade dos dados, sendo que na prática o ensaio é invalidado e reiniciado caso ocorra algum erro comum como a desconexão dos termopares ou pouco provável como medidas extremas de valores fora da escala do dispositivo.

Para o preenchimento e cálculos são utilizadas muitas variáveis auxiliares, declaradas como globais no início do código, mas sendo exclusivas para cada comando e respectiva função. Os comandos tipo “FOR” são recomendados para preenchimento de células, incrementando as 12 linhas de cada canal, uma a uma, e realizando as operações necessárias. Já as variáveis de valores de colunas de quaisquer preenchimentos de dados só são incrementadas quando a sub-rotina é executada novamente, indicando uma nova aquisição de dados do *timer* configurado pelo usuário.

Devido ao tempo de execução dos comandos em VB ser muito pequeno quando comparado ao tempo mínimo de atualização da “Fonte de Dados da Planilha”, a função “Timer()” (Figura 34) pode ser chamada tanto no início, quanto no meio, como no fim da sub-rotina “Upload()”, que não comprometerá a próxima aquisição, todas as funções serão realizadas antes mesmo da sub-rotina “Upload()” ser chamada novamente pelo *timer*.

Figura 31 – Sub-rotina ConfiguraTimer() - Botão 3

```

Sub ConfiguraTimer()
'Desprotege a planilha
Sheets("Plan1").Unprotect
'Abre uma Janela que solicita que o usuário insira o intervalo de aquisição de dados que deseja
'O comando underline _ , imediatamente precedido por um espaço, pode ser usado em uma quebra de linhas,
'facilitando a leitura do código, em comandos extensos.
Intervalo = InputBox("Insira o intervalo para aquisição de dados, no formato Hora:Minuto:Segundo (HH:MM:SS)", _
"INTERVALO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS", "00:00:00")
'Abre uma janela mostrando ao usuário o intervalo que inseriu, para que ele confirme se está correto.
MsgBox " Você inseriu : " & Intervalo, , "Intervalo Inserido"
'Salva o valor inserido pelo usuário na célula A4
Range("A4") = Intervalo
'Chama a rotina que é responsável por todas as operações de preenchimentos e manipulações dos dados
'a qual será executada no intervalo configurado pelo usuário, como sendo o de aquisição de dados
Call Upload
'Protege novamente a planilha
Sheets("Plan1").Protect
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 32 – Sub-rotina Upload() – Parte 1 - Botão 3

```

Sheets("Plan1").Unprotect
'Executada somente SE o pause estiver desativado
If Cells(14, 1).Value = 0 Then
'Executada somente SE houver algum valor de timer configurado
If Cells(4, 1).Value <> "" Then
'Seleciona somente o intervalo que possui os valores reais de
'temperaturas dos 12 canais, diretamente da fonte dos dados
Range("p4:p15").Select
'copia os dados de temperaturas selecionados
Selection.Copy
'seleciona a primeira célula, da coluna k, como referencia para colar os
'dados de temperatura reais no local destinado aos "Dados de Temperaturas Reais"
Cells(20, 11 + k).Select
'Cola os dados de temperatura nos "Dados de Temperaturas Reais",
'na coluna de posição k, a partir da linha 20 e coluna 11.
ActiveSheet.Paste
'Garante que a cor de fundo das células do intervalo dos dados colados seja branca.
'A propriedade Color Index = 2 é referente a cor branca
Range(Cells(20, 11 + k), Cells(31, 11 + k)).Interior.ColorIndex = 2
'Tira a seleção dos dados recém colados nos "Dados de Temperaturas Reais"
Application.CutCopyMode = False
'Seleciona a célula imediatamente inferior à coluna dos Dados de Temperaturas Reais
'recém colados.
Cells(32, 11 + k).Select
'Preenche a célula selecionada "ActiveCell" com o horário atual "Time", em que foi feita a
'"aquisição", ou efetivamente a cópia dos dados reais de temperaturas.
ActiveCell.Value = Time()
'Tira a seleção da célula que foi preenchida com o horário do instante em que foi feita
'a "aquisição" dos dados reais de temperaturas.
Application.CutCopyMode = False
'Incrementa a posição da coluna dos dados reais de temperatura, para que os dados da próxima
'aquisição sejam inseridos na coluna ao lado direito.
k = k + 1
'Chama-se a rotina que é responsável pela função timer configurado pelo usuário, para que após
'o intervalo configurado ela chame novamente a execução desta rotina "Upload()".
Call Timer

```

Fonte: Produção do próprio autor

Na prática os intervalos de aquisições dos ensaios são de no mínimo alguns minutos, e geralmente 30 a 60 minutos, o que garante que os dados não sejam “repetidos”, ou seja, não ocorra uma nova aquisição antes dos 30 segundos de atualização da fonte de dados.

Figura 33 – Sub-rotina Upload() – Parte 2 - Botão 3

```

'Se o valor do canal inserido como referencia de temperatura ambiente estiver no
'intervalo de [1,12]
If Cells(2, 22).Value >= 1 And Cells(2, 22).Value <= 12 Then
    'A variável auxiliar "c" terá o valor do canal inserido pelo usuário como referencia
    'de temperatura ambiente
    c = Cells(2, 22).Value
    'A variável "amb" terá o valor da temperatura ambiente, armazenado numa célula oculta
    '(fundo preto) da coluna 16 e medida pelo canal referencia configurado pelo usuário
    amb = Cells(c + 3, 16).Value
    'Inicia-se o comando FOR, com a função de preencher as celulas dos
    '"Dados de Temperaturas Relativas" e linhas a serem preenchidas de 4 a 15
    For I = 4 To 15
        'Realiza as operações SE o dado de temperatura medido pelo canal do termopar
        'for válido, assim como o do canal referencia da temperatura ambiente.
        If Cells(I, 16).Text <> "-OVER" And CStr(amb) <> "-OVER" Then
            'Realiza a operação de subtração (Temperatura Real - Temperatura Ambiente)
            'Armazena o valor da operação na célula dos "Dados de Temperaturas Relativas"
            Cells(I, 18 + n).Value = Cells(I, 16).Value - amb
            'Caso algum valor de temperatura submetido a operação matemática seja inválido
        Else
            'a célula de temperatura relativa ficará com cor de fundo lilás
            Cells(I, 18 + n).Interior.ColorIndex = 7
            'indicará ERRO com o texto "-OVER"
            Cells(I, 18 + n).Value = "-OVER"
            'Chamará a função alarme para alertar o usuário que ocorreu um erro na aquisição
            Call Alarme
            'Encerra-se os comandos, já preenchida a respectiva célula de temperatura relativa
        End If
        'Incrementa-se a linha de posição I, para que a próxima célula seja preenchida pelo FOR
    Next I
    'Após serem calculadas e preenchidas as células das 12 temperaturas relativas pelo primeiro FOR
    'Seleciona-se a ultima célula, imediatamente abaixo do intervalo [4,15] preenchido
    Cells(16, 18 + n).Select
    'Preenche-a com o instante em que foi finalizado o cálculo dos valores de temperaturas relativas
    ActiveCell.Value = Time()
    'Incrementa o valor "n" de coluna das células dos "Dados de Temperaturas Relativas"
    'para os valores da próxima aquisição de dados de temperatura e cálculos
    n = n + 1
    'Se o parametro b, que na primeira execução da rotina é zero e é incrementado de 1, for > zero,
    'faça o cálculo do primeiro e subsequentes valores de variações das temperaturas relativas
    If b > 0 Then
        'Inicia-se o comando FOR, o qual preencherá as celulas das "Variações de Temperaturas
        'Relativas entre os Intervalos do Timer" de 12 linhas dos canais, de a = 0 a a = 11
        For a = 0 To 11
            'Novamente verifica-se a validade dos dados, para que não ocorram erros na operação
            If Cells(4 + a, 19 + j).Text <> "-OVER" And Cells(4 + a, 18 + j).Text <> "-OVER" Then
                'SE os dados são válidos realiza-se a operação matemática, subtraindo do valor de
                'temperatura relativa do instante atual o valor imediatamente anterior
                Cells(35 + a, 11 + j).Value = Cells(4 + a, 19 + j).Value - Cells(4 + a, 18 + j).Value
                'Caso algum valor de temperatura submetido a operação matemática seja inválido
            Else
                'a célula de temperatura relativa ficará com cor de fundo lilás
                Cells(35 + a, 11 + j).Interior.ColorIndex = 7
                'indicará ERRO com o texto "-OVER"
                Cells(35 + a, 11 + j).Value = "-OVER"
                'Chamará a função alarme para alertar o usuário que ocorreu um erro na aquisição
                Call Alarme
                'Encerra-se os comandos, já preenchida a respectiva célula de variação de
                'temperatura relativa
            End If
            'Incrementa-se a linha de posição "a", para que a próxima célula seja preenchida pelo FOR
        Next a
        'Incrementa o valor "j" de coluna das células de "Variações de Temperaturas Relativas"
        'para os valores da próxima aquisição e cálculos das temperaturas relativas
        j = j + 1
        'Encerra-se o 'If' da verificação de ter pelo menos 2 aquisições de dados antes das primeiras
        'variações de temperaturas relativas
    End If
    'incrementa b na primeira e próximas execuções da rotina Upload()
    b = b + 1
    'Encerra-se o comando IF que atribui os valores do canal de temperatura ambiente e da temperatura ambiente
    'às variáveis "c" e "amb"
    'Encerra-se o comando IF que atribui os valores do canal de temperatura ambiente e da temperatura ambiente
    'às variáveis "c" e "amb"
End If
'Seleciona uma célula de referência para que a tela de exibição da planilha esteja adequada.
Range("I49").Select
'Tira a seleção desta célula
Application.CutCopyMode = False
'Caso os primeiros IF's desta rotina "Upload()" resultem condições não válidas
Else
    'Ela deverá ser encerrada sem executar nenhuma atividade
End If
'Protegendo novamente a planilha antes de ser encerrada
Sheets("Plan1").Protect
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 34 – Sub-rotina Timer() – Botão 3

```

Sub Timer()
'Se o pause estiver desativado
If Cells(14, 1).Value = 0 Then
'Se houver algum valor de timer configurado
If Cells(4, 1).Value <> "" Then
'Após ser atingido o "Intervalo" de tempo configurado pelo usuário, chama-se a sub-rotina Upload novamente
Application.OnTime Now + TimeValue(Intervalo), "Upload"
'Se não encerra-se a sub-rotina sem que ela tenha executado sua função
Else
End If
End If
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

A função adicional, que permite que o usuário salve os dados reais de temperatura manualmente no instante em que ele pressionar o botão, é implementada através da sub-rotina “UploadManual()” (Figura 35). Essa sub-rotina é análoga à primeira parte da sub-rotina “Upload()” (Figura 32) do ponto de vista da aquisição dos dados ser por um método de cópia e colagem da fonte de dados. Porém, diferem-se no que diz respeito a execução. A sub-rotina “UploadManual()” não é condicionada por uma função *timer*, portanto ela é “chamada” manualmente pelo usuário, ao pressionar o botão “Manual” da planilha. E os valores de temperaturas reais adquiridos manualmente deverão ser salvos em outro local de destino, nos “Dados Modo Manual”, deslocando a referência de coluna a ser preenchida a cada execução por meio da variável auxiliar “p”.

Figura 35 – Sub-rotina UploadManual() – Botão 3

```

Sub UploadManual()
Sheets("Plan1").Unprotect
Range("p4:p15").Select
Selection.Copy
Cells(181, 11 + p).Select
ActiveSheet.Paste
Range(Cells(181, 11 + p), Cells(192, 11 + p)).Interior.ColorIndex = 2
Cells(193, 11 + p).Select
ActiveCell.Value = Time()
Application.CutCopyMode = False
p = p + 1
Sheets("Plan1").Protect
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

Paralelo à estruturação do código principal do programa, tem-se o código que atribui a execução das sub-rotinas aos respectivos botões da planilha (Figura 36), bem como pode realizar alguma interação com o usuário ao invés de chamar uma sub-rotina para o fazê-lo.

Figura 36 – Sub-rotinas de atribuições

```

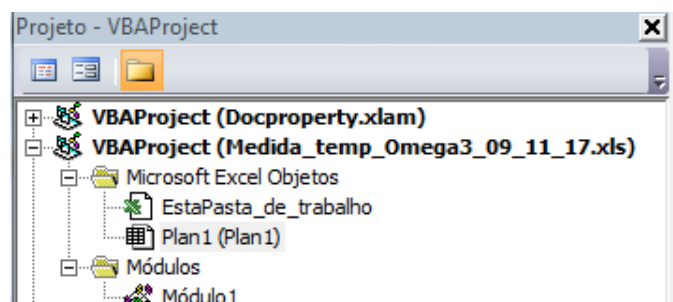
Private Sub CommandButton1_Click()
Call ConfiguraTimer
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Call UploadManual
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
Sheets("Plan1").Unprotect
Cells(2, 22).Value = InputBox _
("Insira o canal de referencia da temperatura ambiente, escolher 1 a 12",
"TEMPERATURA AMBIENTE", "1")
MsgBox " Você inseriu : " & Cells(2, 22).Value, , "Canal Inserido"
Sheets("Plan1").Protect
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
Sheets("Plan1").Unprotect
Alarm = InputBox("Insira o limite de temperatura, no formato 000.0",
"LIMITE DE TEMPERATURA", "000.0")
MsgBox " Você inseriu : " & Alarm, , "Intervalo Inserido [°C]"
Range("A11") = Alarm
Sheets("Plan1").Protect
End Sub
Private Sub CommandButton5_Click()
Sheets("Plan1").Unprotect
Cells(14, 1).Value = "Pausado"
Range("A4").ClearContents
MsgBox _
"Se desejar reconfigure [1-Canal Temperatura Ambiente], Pressione [2-Start] quando quiser "
reiniciar e obrigatoriamente reconfigure [3-Timer]", , "Mesmo procedimento para o início do processo"
Sheets("Plan1").Protect
End Sub
Private Sub CommandButton6_Click()
Sheets("Plan1").Unprotect
Cells(14, 1).Value = 0
Call UploadAlarme
Private Sub CommandButton6_Click()
Sheets("Plan1").Unprotect
Cells(14, 1).Value = 0
Call UploadAlarme
If Cells(4, 1).Value <> "" Then
Call Upload
End If
Sheets("Plan1").Protect
End Sub

```

Fonte: Produção do próprio autor

Ao contrário do código principal, que é armazenado na pasta “Módulos” > “Módulo 1” da interface de projeto do VBA (Figura 37), a parte das sub-rotinas de atribuições de comandos aos botões é armazenada na pasta “Microsoft Excel Objetos” > “Plan1 (Plan1)”.

Figura 37 – Interface de projetos do VBA



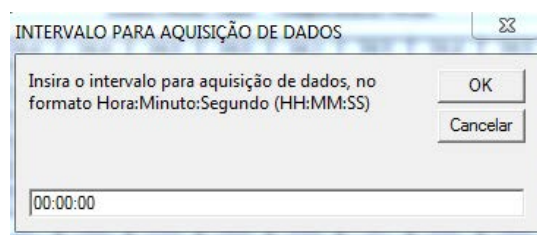
Fonte: Produção do próprio autor

Sempre que um botão é criado, automaticamente uma sub-rotina associada a ele, mesmo que não execute nenhum comando e seja encerrada imediatamente após o botão ser pressionado. Como mostrado na Figura 36, a sub-rotina “*CommandButton1_Click()*” é associada ao Botão 3 – Timer , a sub-rotina “*CommandButton2_Click()*” é associada ao Botão Manual, a sub-rotina “*CommandButton3_Click()*” ao Botão 1 – Canal da temperatura ambiente, a sub-rotina “*CommandButton4_Click()*” ao Botão Alarme, a sub-rotina “*CommandButton5_Click()*” ao Botão Pause, a sub-rotina “*CommandButton6_Click()*” ao Botão 1 – Start.

É possível de diversas formas implementar as funções de cada botão. A forma mais básica é apenas “chamar” a(s) sub-rotina(s) do código principal, utilizando apenas o comando *call*. Também é possível fazer a etapa de interação com o usuário por meio dos comandos *InputBox*, quando há necessidade que o usuário insira algum valor, atribuindo-o a uma variável auxiliar e/ou célula ou *MsgBox* para instruções ou confirmações. Portanto, tanto o código principal como o código de atribuições das funções dos botões trabalham em conjunto e de forma flexível, distribuem-se os comandos da forma que o programador achar mais organizado, em um caso didático é interessante que haja variações nas distribuições.

O fundamental da interação com o usuário é deixá-lo instruído quanto ao formato da inserção de dados e passos da execução correta do programa, facilitando o trabalho. Ao pressionar o Botão Timer por exemplo, abre-se uma janela contendo um campo para a inserção do *timer* de interesse com instruções adequadas, mostradas na Figura 38.

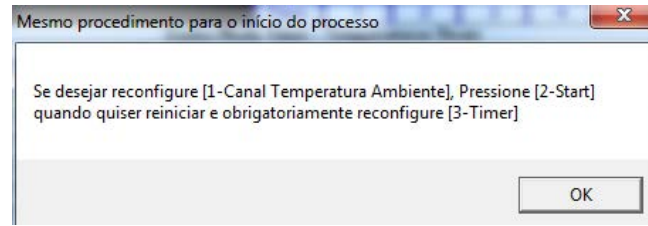
Figura 38 – *InputBox* para inserção do intervalo de *timer*



Fonte: Produção do próprio autor

Imediatamente após se pressionar o Botão Pause, deve-se dar instruções ao usuário da funcionalidade deste botão, bem como procedimentos de possíveis etapas seguintes que ele desejar realizar. A Figura 39 apresenta a *MsgBox* instrutiva, para que a execução do programa não seja comprometida.

Figura 39 – *MsgBox* do Botão Pause

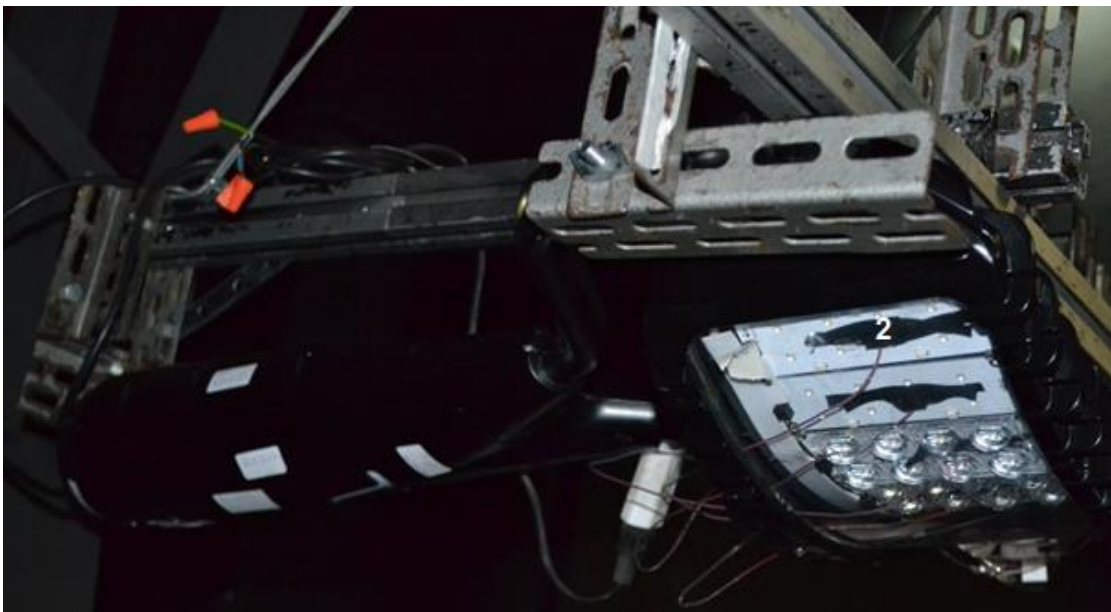


Fonte: Produção do próprio autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A planilha desenvolvida foi utilizada em um ensaio real, sem fins de calibração ou certificação, porém com objetivo de monitoramento. Importando dados de temperaturas de pontos críticos de uma Lâmpada LED conforme Figura 40, verifica-se o seu comportamento após 2 horas em funcionamento contínuo, determina-se o ponto (canal) e o valor de temperatura máxima que pode ser atingida e também quando se dá a estabilidade térmica. No caso, foram utilizados intervalos curtos, de 5 minutos, para a aquisição de dados, o que pode ser interessante a fim de se obter demasiada quantidade de dados de monitoramento, mas desnecessário quando se objetiva apenas uma análise de estabilidade térmica, onde geralmente utilizam-se intervalos de 30 ou 60 minutos para facilitar a verificação da variação da temperatura num período longo, analisando um conjunto bem menor de dados.

Figura 40 – Montagem e medição das temperaturas de uma lâmpada LED



Fonte: Produção do próprio autor

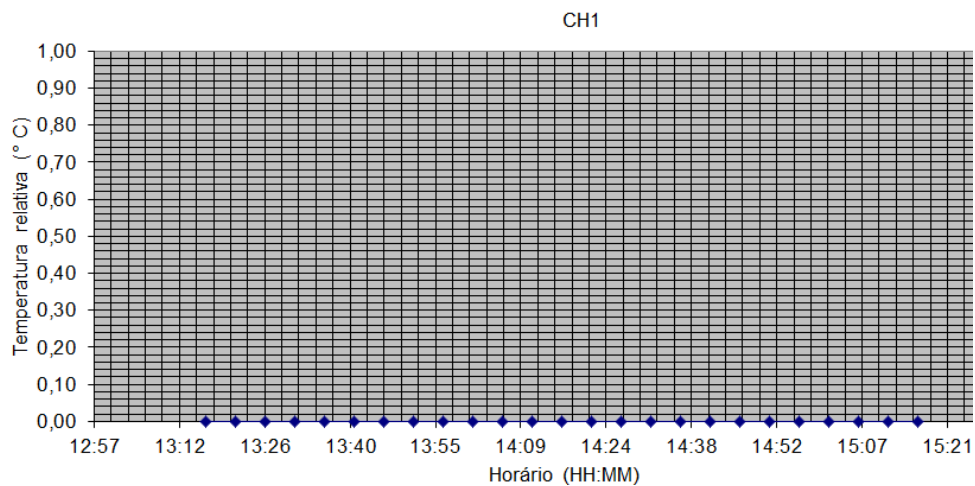
Os termopares dos canais 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 e 10 foram inseridos nos pontos críticos de aquecimento da luminária LED, próximo as Lâmpadas LED e próximo a chipsets (canais 8 e 9).

Como na maioria dos equipamentos eletrônicos, no início do seu funcionamento ocorre um aquecimento significativo e com o passar do tempo a temperatura se estabiliza (em LED's não defeituosos é comum que isso ocorra até no máximo em 1 hora). Portanto, conforme esperado, os gráficos de temperaturas reais e relativas (Figura 41 a Figura 58) dos canais

utilizados tiveram formatos de curvas semelhantes de canal para canal, marcados pela característica de uma curva de aquecimento, diferindo entre os canais de acordo com os valores de temperaturas atingidos por cada ponto crítico da respectiva medição.

Por sua vez, comparando-se os mesmos canais dos gráficos de temperaturas reais e relativas entre si, temos também formatos de curvas similares, o que é esperado quando o ambiente é controlado e de variações pequenas da temperatura ambiente, sendo os pontos dos gráficos de temperaturas relativas sempre de amplitudes menores do que os pontos dos gráficos de temperaturas reais, pois de todos subtraiu-se o respectivo valor de temperatura ambiente do momento da medição.

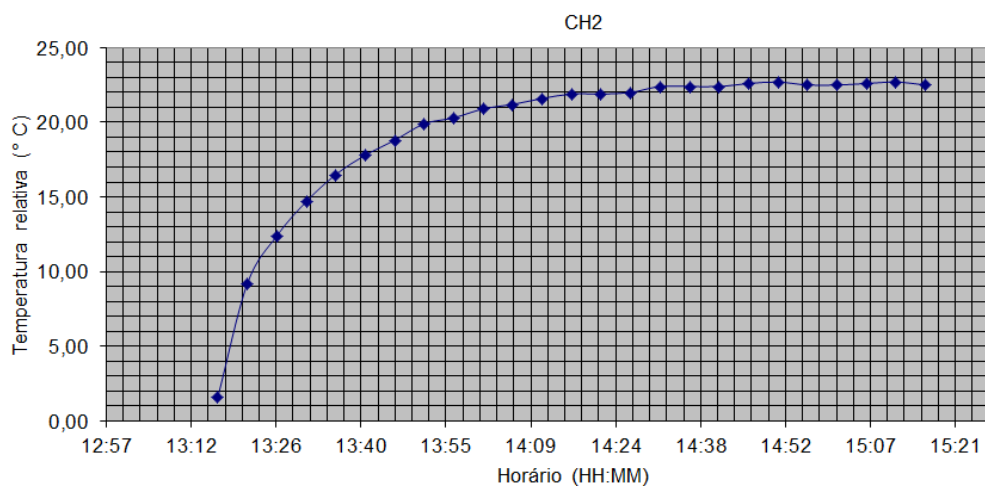
Figura 41 – Temperaturas relativas – Canal 1



Fonte: Produção do próprio autor

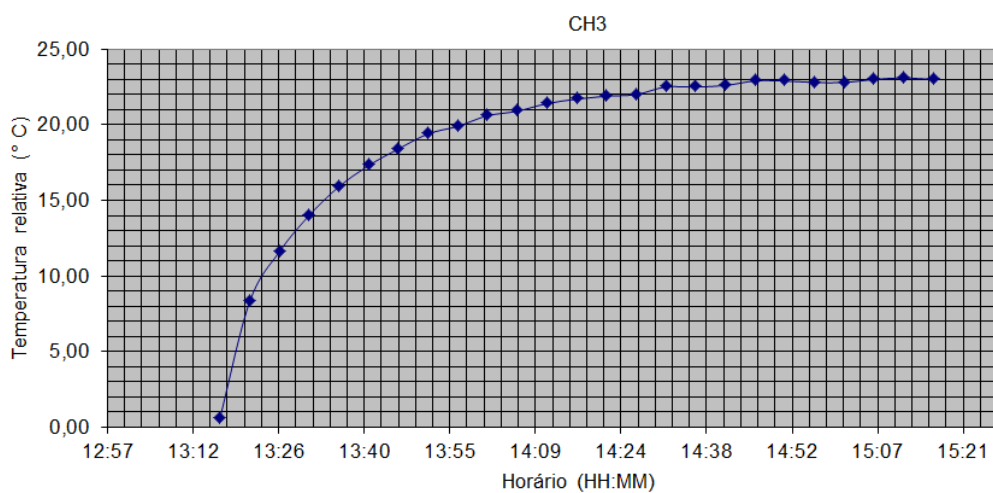
Observa-se que as temperaturas relativas do canal 1 (referência de temperatura ambiente) apresentadas na Figura 41, sempre serão nulas, pois o próprio valor é subtraído das temperaturas reais deste canal. Espera-se que os valores reais tenham pequenas variações (desvio padrão baixo), pequena amplitude máxima ($T_{\text{máx}} \text{ registrada} - T_{\text{mín}} \text{ registrada}$), de no máximo 1°C , e média aritmética por volta de 25°C , temperatura ambiente comum.

Figura 42 – Temperaturas relativas – Canal 2



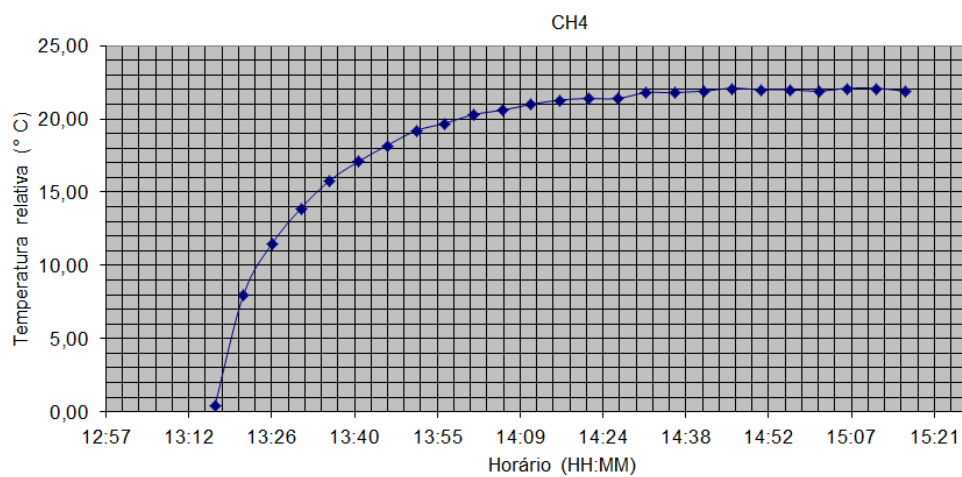
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 43 – Temperaturas relativas – Canal 3



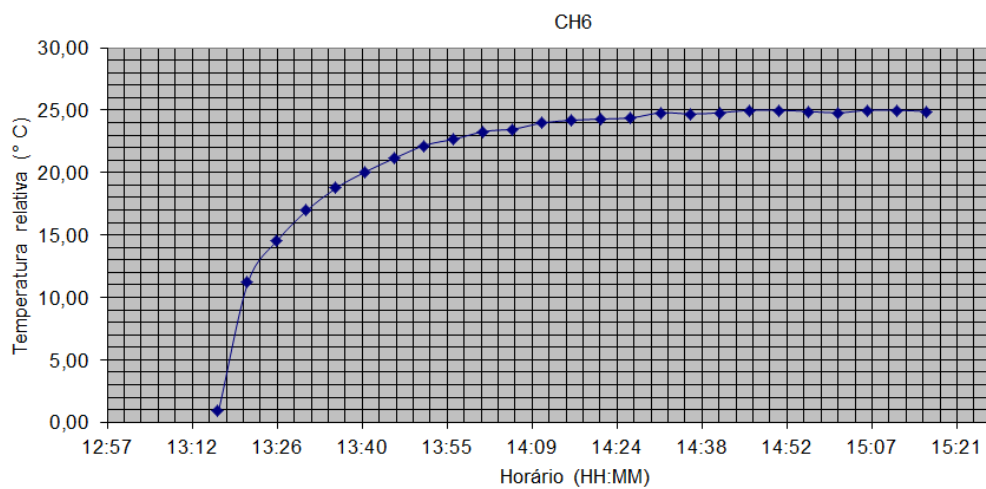
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 44 – Temperaturas relativas – Canal 4



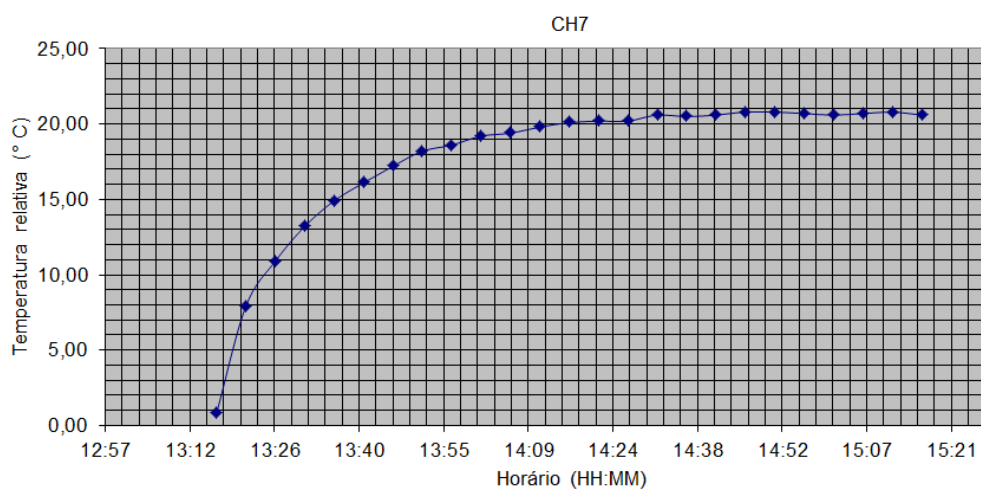
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 45 – Temperaturas relativas – Canal 6



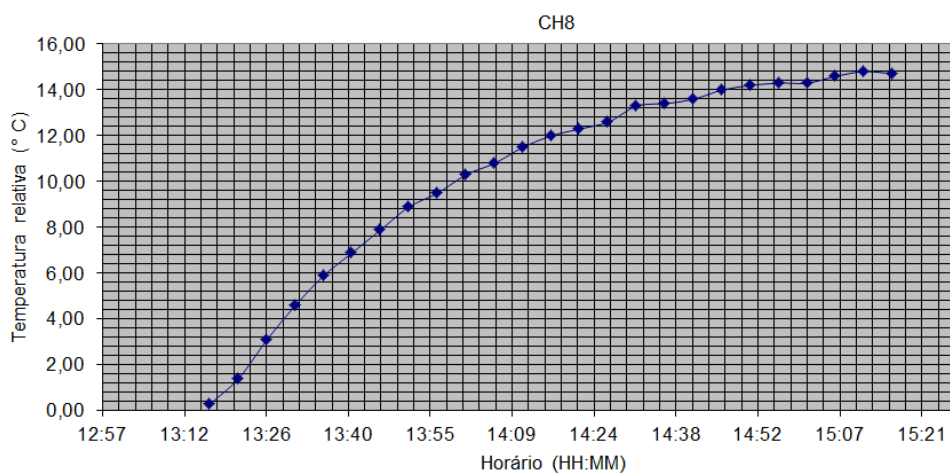
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 46 – Temperaturas relativas – Canal 7



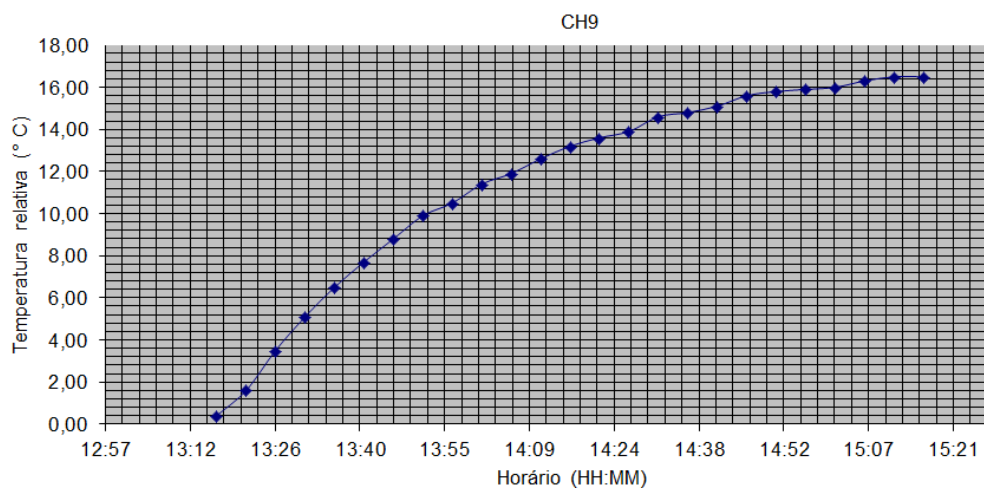
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 47 – Temperaturas relativas – Canal 8



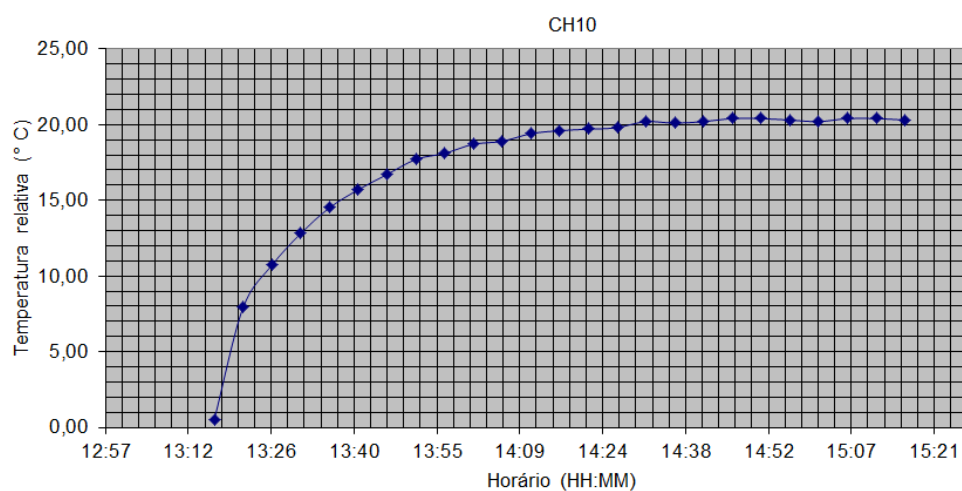
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 48 – Temperaturas relativas – Canal 9



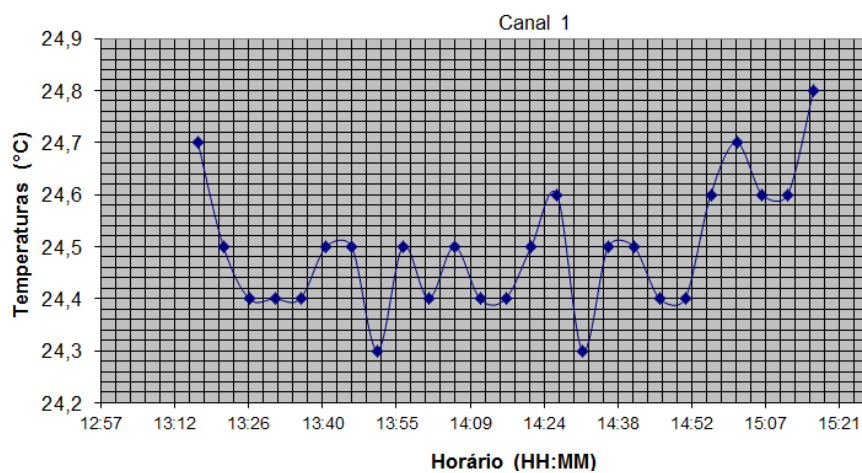
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 49 – Temperaturas relativas – Canal 10



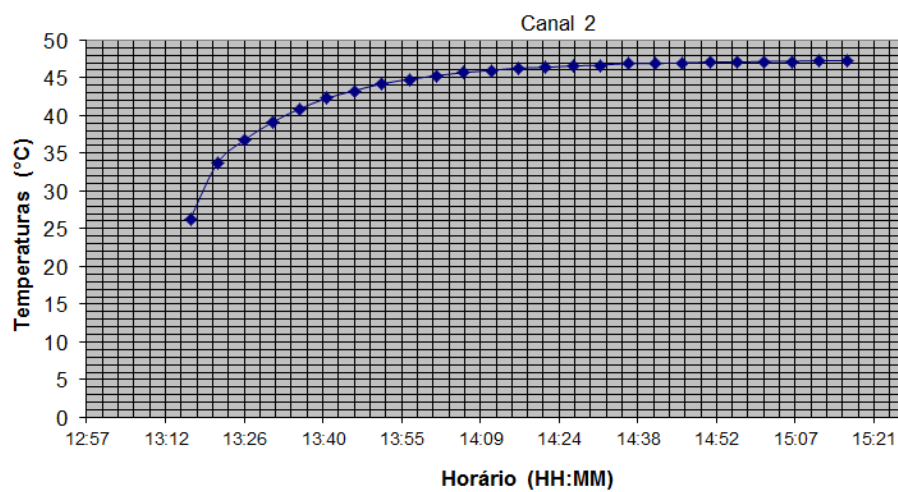
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 50 – Temperaturas reais – Canal 1



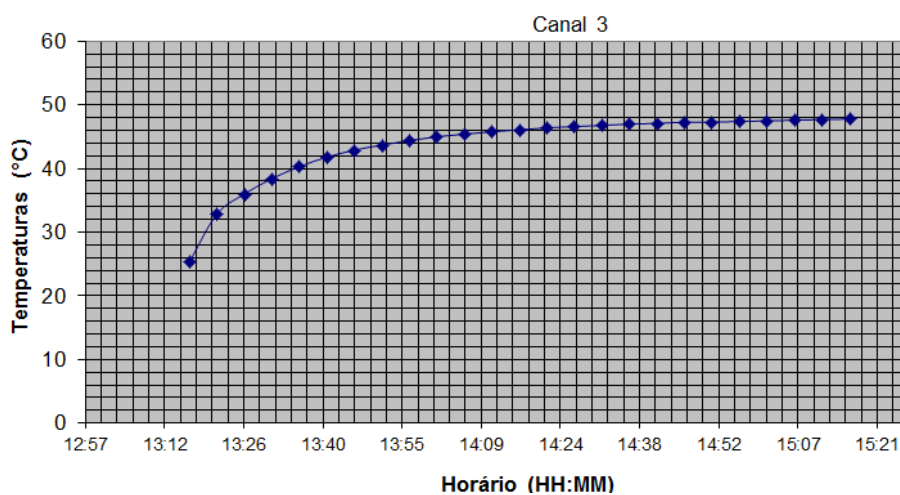
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 51 – Temperaturas reais – Canal 2



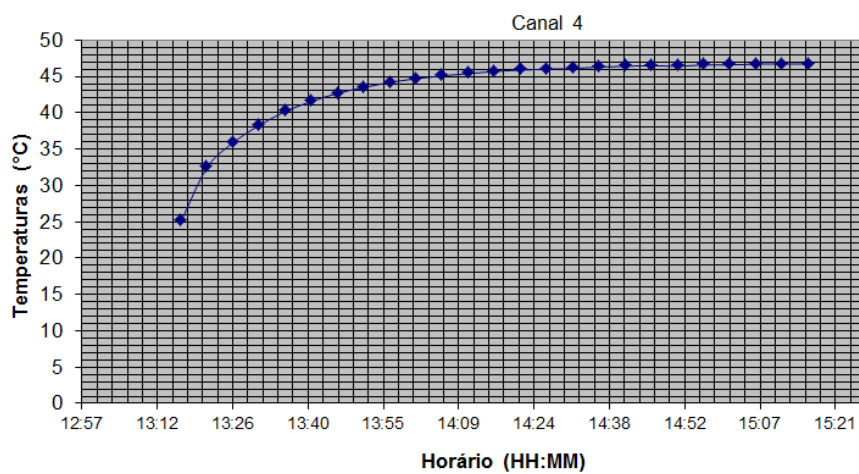
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 52 – Temperaturas reais – Canal 3



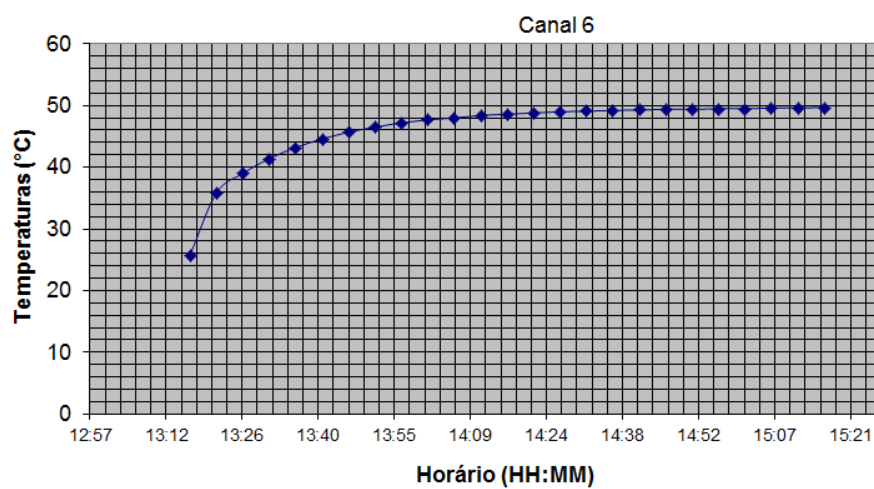
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 53 – Temperaturas reais – Canal 4



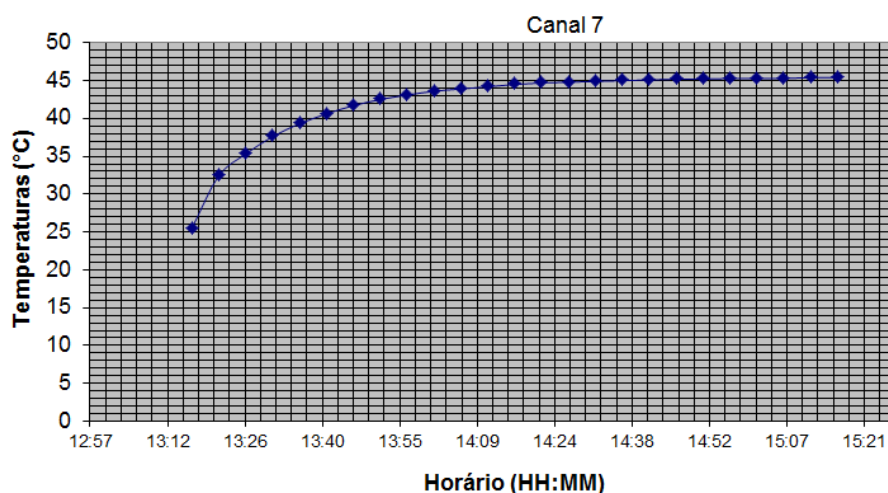
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 54 – Temperaturas reais – Canal 6



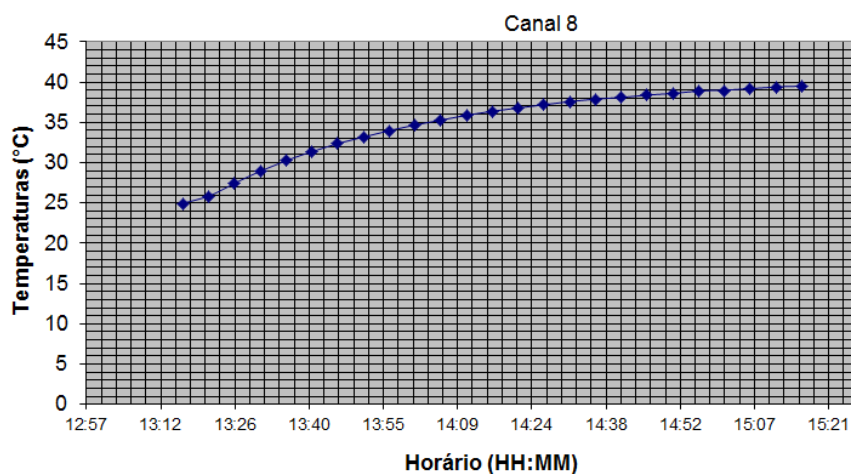
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 55 – Temperaturas reais – Canal 7



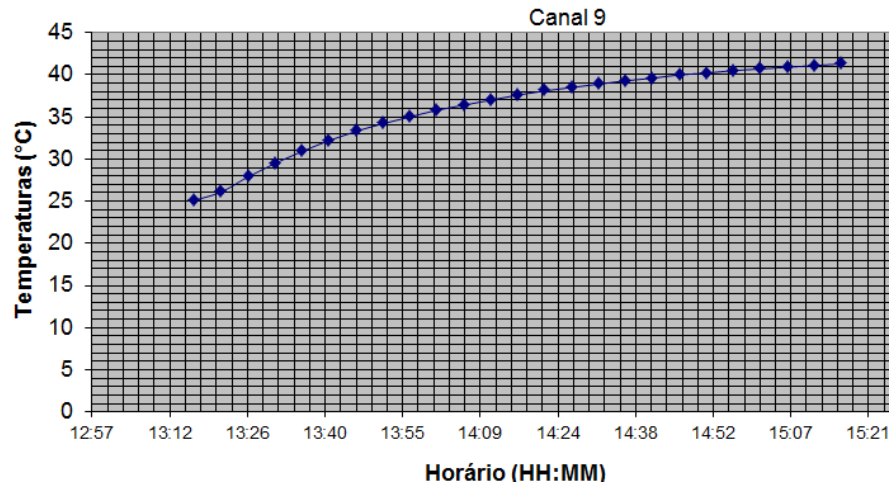
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 56 – Temperaturas reais – Canal 8



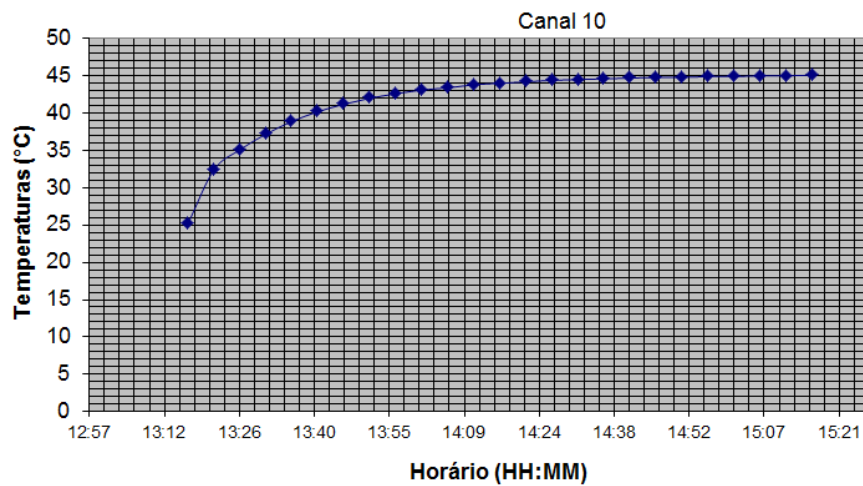
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 57 – Temperaturas reais – Canal 9



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 58 – Temperaturas reais – Canal 10



Fonte: Produção do próprio autor

Para que fossem plotados automaticamente os pontos de cada um dos gráficos, não se utilizou códigos da programação em VB, mas seus pontos serão baseados nos valores inseridos pelos comandos “FOR”. Para cada gráfico, deve-se fixar o intervalo de células que poderão ser preenchidas (até a última coluna da planilha, posição 239) e que ele será responsável por plotar. À medida que cada coluna dos dados de temperaturas reais ou dados de temperaturas relativas vai sendo preenchida, gera-se um novo ponto em cada gráfico.

Por fim, a planilha final após o ensaio é mostrada na Figura 59, contendo todos os dados cuja aquisição e tratamento foi o objetivo deste projeto, acima dos gráficos das Figuras 41 a 58.

Figura 59 – Planilha de dados após ensaio

1

Canal da Temperatura Ambiente

2

Start

3

Timer

1

Canal

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

Fonte: Produção do próprio autor

Analogamente ao preenchimento dos gráficos, as células com fórmulas estatísticas fixas são colocadas nos “Dados Estatísticos Modo Timer”, referentes aos dados reais de temperaturas medidos. Automaticamente atualiza-se qual foi a temperatura máxima atingida em todos os pontos de medição e outros dados que mostram os desvios e amplitudes.

6 CONCLUSÕES

A conectividade de dispositivos é uma tendência global que cada vez mais vem se tornando indispensável. Os equipamentos de quase duas décadas atrás já dispunham de interfaces e portas de comunicação, ainda via conexões físicas, através de cabos de rede, portas seriais ou paralelas, podendo ainda serem (re)aproveitados, mesmo que limitando um acesso totalmente remoto por se fazer necessária a conexão física entre o equipamento e um dispositivo de rede.

O objetivo de desenvolver um projeto que atendesse às necessidades relacionadas à aquisição e tratamento de dados de um equipamento de medida conectado à rede foi cumprido e pode ser útil não só para aplicações em dados provenientes de interfaces de dispositivos conectados a uma rede local, mas de qualquer site da Internet que disponibilize informações de interesse do usuário.

O tema muito valorizado é o da automatização de tarefas, onde se entendem as necessidades de profissionais experientes, suas atividades operacionais e/ou manuais, para que enfim, definindo alguns dados de entrada, desenvolva-se um código que realize todas as tarefas de forma programável e de acordo com o interesse e procedimentos que seriam feitos pelo trabalho humano. Os objetivos relacionados a esse tema foram cumpridos, com um timer programável pelo usuário no início do ensaio e geração em tempo real de tabelas e gráficos, o processo de aquisição de dados tornou-se mais confiável por não depender de anotações manuais, economizando tempo dos profissionais que tinham que acompanhar periodicamente o ensaio, anotar, calcular e preparar dados para análises precedentes à elaboração de relatórios de certificações.

E, para a estruturação e desenvolvimento do código avançado do projeto, cumpriu-se o objetivo do aprendizado do VBA já em uma aplicação prática. A linguagem de programação VB demonstrou-se eficiente para solução de problemas e de fácil acesso, mesmo para quem só possui experiência em lógica de programação e outras linguagens. É recomendável que para o desenvolvimento de qualquer software, as rotinas sejam divididas e incrementadas passo a passo ao longo do processo e os testes devem ser feitos de forma análoga, a cada novo incremento no código, facilitando a detecção e prevenção de erros no projeto final.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60601-1**: equipamento eletromédico parte 1: requisitos gerais para segurança básica e desempenho essencial. 3.0 b ed. Rio de Janeiro, 2010. 129 p.

FERREIRA, V. M. **Excel VBA**: módulo I. São Paulo: TechnoEdition, 2010. 349 p.

VASCONCELOS, L.; VASCONCELOS, M. **Manual prático de redes**. Rio de Janeiro: Laércio Vasconcelos Computação LTDA, 2008. 500p.

YOKOGAWA ELETRIC CORPORATION. **Paperless recorder with FTP, e-mail sending, and web monitoring functions**: mobile corder MV100/MV200. 06/b ed. Tóquio: Yokogawa, 2001. 9 p. Disponível em: <http://peigroup.com/wp-content/uploads/BU7901-01E_060.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.